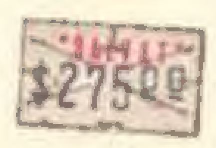
Colección SALVAT TC

TEMAS CLAVE

La Revolución Informática

Sebastián Dormido

Mariano Mellado



AULA ABIERTA SALVAT

La Revolución Informática



Sebastián Dormido
Mariano Mellado



Colección SALVAT TC TEMAS CLAVE

COLECCION SALVAT TC TEMAS CLAVE

Una publicación de **SALVAT EDITORES, S.A.**

Dirección General: Juan Salvat

Un proyecto desarrollado
por la División Editorial



AULA ABIERTA SALVAT
Príncipe de Vergara, 32. Madrid-1.

Dirección: Raúl Rispa

LA REVOLUCION INFORMATICA

Barcelona

1.ª edición, 1981
1.ª reimpresión, marzo 1983
2.ª reimpresión, diciembre 1983
3.ª reimpresión, junio 1984

D. L.: NA.-754-1984
ISBN: 84-401-1215-7. Tomo 3, rústica

Composición: Crisol

Fotomecánica: Progreso Gráfico

Impresión y encuadernación:
Gráficas Estella, S. A., 1984
Estella, Navarra
Printed in Spain

Indice



● Las palabras señaladas con asterisco (*) se explican al final del texto de cada unidad de información, que llamamos módulo.

● Las flechas intercaladas en el texto (→) indican que el tema en cuestión se desarrolla con mayor detalle en otro módulo del libro, que se señala mediante el número que aparece sobre la flecha (→ 24).

● En algunos módulos aparecen textos recuadrados, que explican o complementan puntos de especial interés con relación a los desarrollados en el texto.

● En la bibliografía se ha renunciado, generalmente, a señalar obras muy especializadas o extensas. Las que se reseñan poseen un nivel muy adecuado para adentrarse en los diversos temas abordados en este libro y en otros de la Colección Salvat TC Temas Clave.

1/La era de la informática

Son muchos los adjetivos que se ha intentado asignar a estos años en que vivimos: la era atómica, la era espacial, etc. Pero, ¿por qué no la era de la informática*?

El ordenador, tal y como nosotros lo concebimos en estos momentos, es un invento que no cuenta aún con cincuenta años de antigüedad, y, sin embargo, en tan corto espacio de tiempo ha penetrado en nuestras vidas hasta tal punto, que pocas cosas existen en la actualidad que, en mayor o menor grado, no necesiten tras de sí un ordenador. Un ordenador prepara las nóminas con las que nos pagan; también un ordenador nos permite realizar la reserva de un billete de tren o avión; otros ordenadores controlan en los bancos el estado de nuestras cuentas; la Hacienda Pública vigila nuestra actividad fiscal por medio de un ordenador, y mil ejemplos más.

¿Cómo es posible que sólo en unas décadas se haya llegado a tan alto nivel de implantación? La respuesta a esta pregunta hay que buscarla en el espectacular progreso experimentado en el campo informático. De la mano, en muchos casos, de la electrónica, la evolución experimentada por los ordenadores es de tal índole, que son muchos los que prefieren asignar a tal período el nombre de *revolución*. Así, de las ruidosas calculadoras mecánicas que los contables usaban, y que únicamente eran capaces de reali-



Los centros de proceso de datos han sido, hasta que la informática ha entrado a formar parte de los hogares, los únicos lugares en los que existían ordenadores capaces de procesar, en segundos, millones de datos. En la imagen, Centro de Proceso de Datos de la Universidad Complutense (Madrid).

HACIENDA INFORMA

Recuerde:

- El plazo de presentación finaliza el 10 de Junio.
- Las declaraciones con derecho a devolución se presentarán del 10 al 30 de Junio.
- Puede adquirir los impresos en Estancos y Delegaciones de Hacienda.
- Junto con la declaración de la Renta, deberá presentar la del Patrimonio, si estuviera obligado a ello.
- También deberá presentar, al mismo tiempo, la declaración anual por Estimación Objetiva Singular, si estuviera acogido al referido régimen.
- Pago fraccionado - Para comodidad del contribuyente se puede fraccionar el pago en dos partes: el 60% al presentar la declaración y el restante 40% hasta el 10 de Noviembre. En este caso se utilizarán únicamente, los servicios de Bancos, Cajas de Ahorros o Caja Postal.
- Consulte cualquier duda en las Oficinas de Información y [illegible] de Hacienda.

El ordenador comprueba



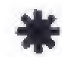
IMPUESTO SOBRE LA RENTA

Declare en beneficio de todos

En los últimos años los ordenadores han penetrado en nuestras vidas de una forma espectacular: vivimos rodeados de ordenadores. En la imagen, un cartel de propaganda del Ministerio de Hacienda de España que nos recuerda el control que la informática ejerce sobre nuestros deberes fiscales.

zar las cuatro operaciones básicas con lentitud casi similar a la del propio operador humano, se ha pasado en un período de tiempo increíblemente corto a los silenciosos ordenadores capaces de realizar más de un millón de operaciones en un segundo y de almacenar en su memoria millones y millones de datos.

Sin embargo, pese a su uso generalizado, es poca la gente que conoce, aunque sea de una forma elemental, *qué es y cómo funciona un ordenador*. Ésta es la misión de este libro en el que, aunque sea de forma básica, se pretende explicar las ideas sobre las que se asienta la informática: qué es un ordenador, cuáles son sus bases de funcionamiento, qué posibilidades tiene, cuál es el impacto que los ordenadores están produciendo en la sociedad y cuál es el futuro previsible que espera a los mismos.



Informática: ciencia que trata de la concepción, realización y utilización de los sistemas que procesan información.

Un ordenador se puede programar de tal forma que, mediante letras y signos, trace dibujos y cuadros. De esta forma, el «artista» es en esta ocasión el programador que proporciona al ordenador las pautas adecuadas para que lleve a cabo esta tarea. En la imagen, una copia del autorretrato de Velázquez que aparece en su cuadro Las Meninas, *realizada por medio de un ordenador.*



¿Calculadoras u ordenadores?

El primer problema que se nos plantea para hablar de informática es un simple problema de léxico: ¿cómo debemos llamar a estas máquinas capaces de realizar millones de operaciones complejas, almacenar en su memoria millones y millones de datos y proporcionarlos en el momento que se desee? Los inventores de tales sistemas les dieron en inglés un nombre: *computer*; sin embargo, en español todavía no se ha aceptado un nombre definitivo.

La Real Academia de la Lengua únicamente incluye en su diccionario, de entre los términos que se podrían asignar a estas máquinas, el de *calculadora*, que define como «Máquina que por un procedimiento mecánico o electrónico obtiene el resultado de un cálculo matemático».

Evidentemente, una de esas tremendas máquinas capaces de realizar en segundos la nómina de una empresa de miles de empleados, o de regular el tráfico aéreo que cruza un país, es algo más que esa calculadora que define la Academia. Por este motivo, mientras se llega a una solución definitiva, en este libro se utilizará el término *ordenador* para designar a este tipo de máquinas, reservando el de *calculadora* únicamente para las máquinas más elementales.

2/¿Qué se entiende por información?



Los científicos se mueven en la actualidad en campos superespecializados, lo que da lugar a que la información proviniente de sus investigaciones sea muy parcial. Esta parcialidad exige una amplia labor de tratamiento de la información que nos permita hacernos una idea global de los caminos de la ciencia.

Como el resto de los seres vivos, el hombre necesita para su subsistencia cubrir una serie de necesidades básicas; pero, como elemento diferenciador con respecto al resto de los animales y plantas, el hombre precisa también, para su enriquecimiento cultural, de un elevado grado de información que va más allá del medio que le rodea.

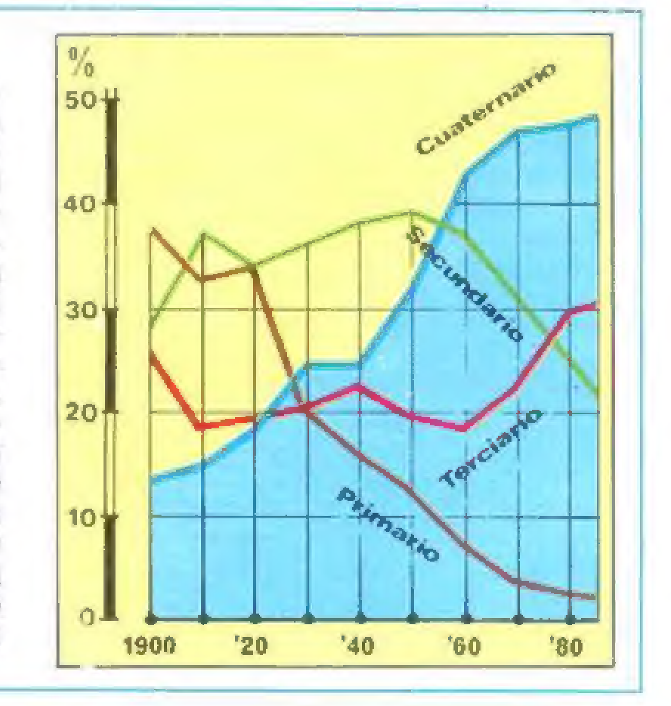
El número y el grado de información que posee el hombre en este instante es enorme y, más aún, crece a una velocidad vertiginosa. Baste saber que en 1958 se estimaba que un 30% del producto nacional bruto de los Estados Unidos se gastaba en lo que F. Machlup llamaba «industria del conocimiento»: esto es, todo aquello que produce una información social útil –educación, comunicación, investigación, etc–. Esta proporción había subido al 43% en 1963, y las previsiones para el año 2000 daban un 50% del producto nacional bruto destinado a este fin.

Este inmenso acervo ha traído consigo, entre otras consecuencias, un alto grado de especialización en las diferentes materias: hoy día es casi imposible encontrar el típico hombre renacentista interesado y conocedor de casi todas las ramas del saber, y su puesto ha sido ocupado por superexpertos en campos tan delimitados como puedan ser las dislocaciones moleculares en los cristales o la poesía épica de la Baja Edad Media. Del mismo modo el creciente gigantismo de ciertas empresas ha dado lugar a la creación en las mismas de departamentos altísimamente especializados –financieros, comerciales, de distribución, de producción, etc–.

Este alto grado de especialización tiene como consecuencia la producción de una serie de datos que, en principio, pueden parecer inconexos. Pensemos, por ejemplo, en los informes emitidos por cada uno de los dis-

Sectores de actividad

Al analizar el tipo de participación de la población activa en un sistema económico se suelen establecer tres sectores de actividad: primario, secundario y terciario. En el *primario* se incluyen las ocupaciones relacionadas con la agricultura y la pesca. Algunos especialistas consideran también la minería como actividad de este tipo. En el *secundario* se agrupan las actividades industriales. Y en el *terciario*, las denominadas servicios: transporte, administración, sanidad, educación, etc. Hasta hace pocos años las actividades relacionadas con la «información» se englobaban en este sector. Sin embargo, es tal su importancia creciente y el volumen de población que emplea, que algunos expertos hablan ya de un nuevo sector: el *cuaternario*, y que en EE UU ocupa ya a más del 40% de la población activa.



Producción informática

ESTADOS UNIDOS — REINO UNIDO — JAPON — U.R.S.S. — ALEMANIA R.F. — ITALIA — FRANCIA — RESTO DEL MUNDO

54% — 4% — 8%

El gráfico muestra el reparto mundial de la producción informática, en la que, como se puede observar, los países desarrollados ocupan los primeros lugares.



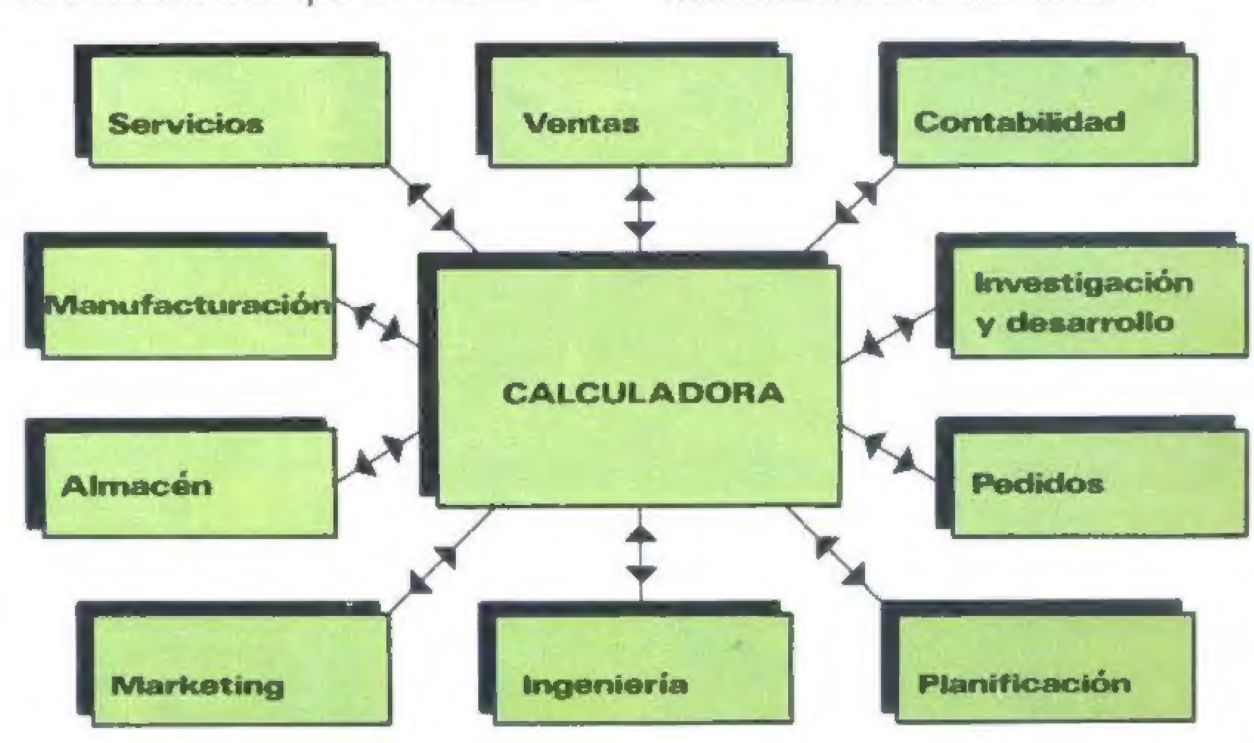
La cantidad de información generada por nuestra sociedad a través de libros, revistas, etc., ha dado lugar a lo que los sociólogos llaman polución informativa.

tintos departamentos de la macroempresa del ejemplo anterior. Para sacar conclusiones de estos datos necesitaremos procesarlos y ordenarlos hasta obtener la información que deseemos. Entenderemos, pues, por información el resultado del tratamiento de una serie de datos, sean o no numéricos. Esto es, del mismo modo que las materias primas se convierten, mediante el proceso de manufactura, en un producto acabado apto para el mercado, los datos, por medio del proceso de datos, se transforman en información, que posteriormente se aplicará de formas muy diferentes.

Un ordenador o una calculadora no es entonces más que un sistema mediante el cual una serie más o menos grande de datos se procesa hasta transformarlos en información.

El ciclo de la información

Los datos utilizados para producir información no se originan siempre en fuentes externas. En efecto, una vez que una serie de datos procedente del exterior se procesa hasta llegar a convertirse en información, esta propia información puede aportarnos nuevos datos que incluso pueden hacer variar nuestra opinión sobre el problema, por lo que de nuevo hemos de comenzar el proceso, introduciendo en este caso no ya sólo los datos que provienen del exterior, sino también esos datos internos obtenidos con anterioridad.
Este proceso de «realimentación» de la información da entonces lugar a una especie de ciclo prácticamente continuo que en ocasiones puede ser de larga duración.



3/Uso de ordenadores para tareas repetitivas

Como el resto de las máquinas inventadas por el hombre, el ordenador tiene como misión fundamental simplificar y facilitar su trabajo. Sin embargo, como la instalación de un ordenador supone una importante inversión, es lógico plantearse primeramente esta pregunta: ¿a partir de qué momento ha de utilizarse el ordenador?, o, dicho de otra forma, ¿cuál es el umbral a partir del cual el uso del ordenador resulta rentable?

Para responder a estas preguntas pensemos en una actividad muy común del proceso de datos y que resulta familiar para muchas personas: el pago de la nómina de una empresa. Los pasos a seguir para pagar a cada uno de los empleados de la misma serían, muy simplificadamente:

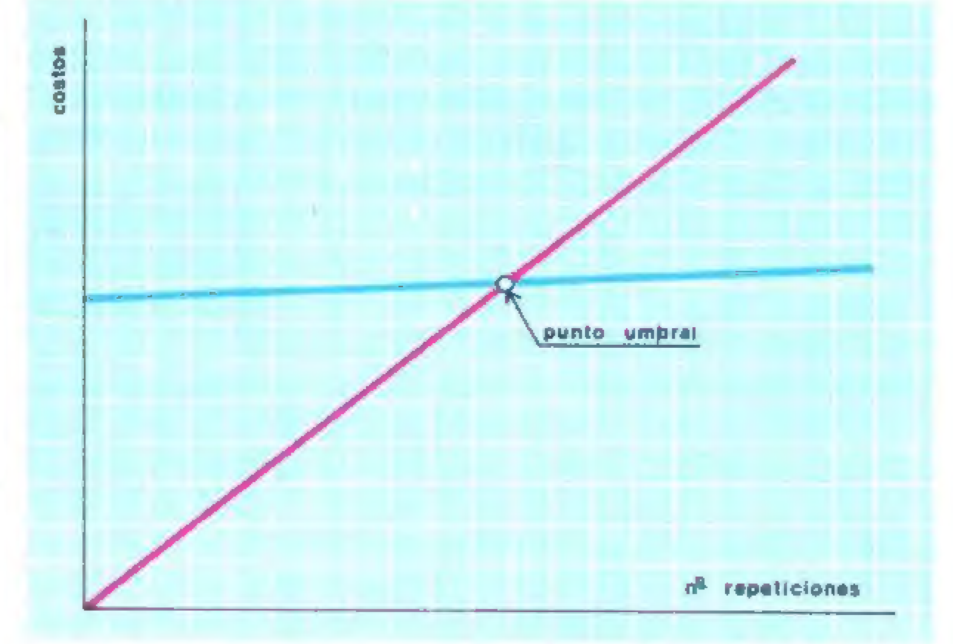
- encontrar el número de horas trabajadas por cada empleado;
- multiplicar este número de horas por el precio convenido, con lo cual obtendremos el sueldo base;
- añadir los trienios, la ayuda familiar y toda la retribución suplementaria;
- calcular el valor de las deducciones pertinentes (impuestos, seguridad social, mutualidades, etc.);
- restar del total calculado las deducciones.

Esta misma secuencia de pasos habría que repetirla para cada uno de los empleados de la empresa. Nos encontramos entonces con un tipo de problema que cumple dos características básicas: por un lado, se trata de una tarea a realizar mediante una secuencia perfectamente definida de acciones elementales, y, por otro, esta misma tarea ha de repetirse un cierto número de veces.

Evidentemente, este tipo de proceso se puede llevar a cabo –y así se ha hecho durante muchos años– por una o varias personas manualmente o



La introducción de la informática en la industria y el comercio ha tenido lugar fundamentalmente a través de ciertas tareas repetitivas que se realizaban en las mismas. Así, las antiguas máquinas de composición han sido sustituidas en la actualidad por ordenadores que hacen más cómoda y rentable una tarea que resultaba tediosa y lenta.



El coste de una tarea realizada con un ordenador varía muy poco en función del número de repeticiones, mientras que si éstas se realizan de forma manual, el coste asciende muy rápidamente. El punto umbral nos marcará entonces el nivel de trabajo a partir del cual es rentable el uso de un ordenador en una tarea repetitiva cualquiera.

ayudadas por sencillas máquinas de calcular; pero también es esta una tarea idónea para realizarla por medio de un ordenador. El utilizar uno u otro método depende fundamentalmente del número de repeticiones que haya de hacerse del proceso, lo que implicará el coste económico del mismo.

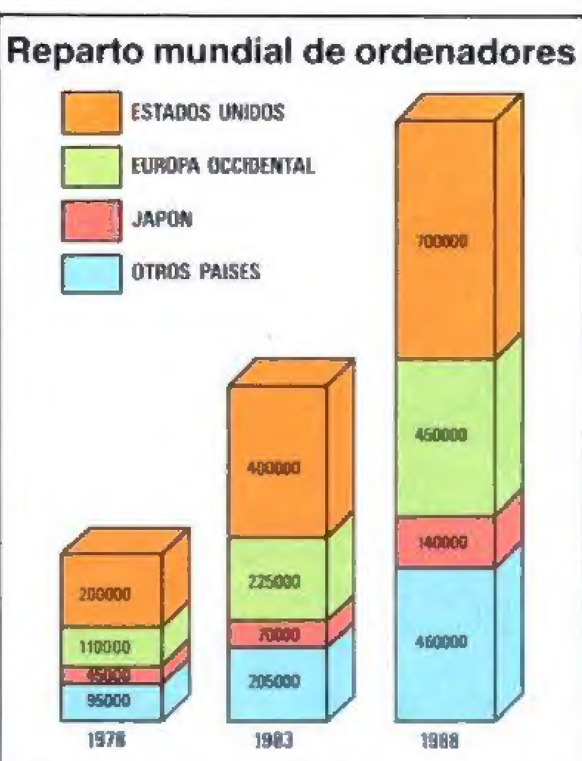
En efecto, el coste de este proceso realizado de forma manual aumenta progresivamente con el número de repeticiones, ya que supone más tiempo de dedicación de uno o varios empleados, o sea, un número de horas cada vez mayor. Por el contrario, lo que podríamos llamar *coste de ordenador* es prácticamente fijo, pues la diferencia que puede existir entre que el ordenador realice el proceso una vez o que lo realice diez mil, es prácticamente nula. Tenemos, pues, dos costes: uno manual, que aumenta con el número de repeticiones, y otro, el del ordenador, que es prácticamente fijo. Lógicamente, el uso de este último habrá de hacerse, desde un punto de vista económico, siempre que por el número de repeticiones el coste manual represente una cantidad mucho mayor que el del ordenador.

Un porcentaje realmente sorprendente de las aplicaciones actuales de los ordenadores está destinado a realizar tareas repetitivas de este tipo, con lo que los costes de muchas empresas han descendido a la vez que desaparecían funciones bastante tediosas que caracterizaban tanto a las empresas públicas como a las privadas.


2911
DELEGACION TECNICO 590 2802484243 042
01-10-81 AL 31-10-81 30 20-10-81 TRANSFERENCIA
I.-DEVENGOS
70.73285
ANTIGUEDAD A.LINEAL MERITOS
63.699,21 63.69921
VIG.PER.SUP.MES 12.015,94 12.01594
II.-COTIZACION
A. TOTAL DEVENGADO 146.44800
01 140.460 4,96 6.966,00
0
0
140.460
120.390 0,65 782,00
146.448 18,00 26.360,00
B. TOTAL DEDUCCIONES 34.10800
112.34000
00
112.34000

Practicamente todas las empresas que poseen un número elevado de empleados preparan sus nóminas mediante ordenador. En éstas quedan reflejados los distintos conceptos que completan el sueldo neto que el empleado ha de recibir mensual o semanalmente. La automatización de las nóminas es factible y generalmente rentable, ya que se aplica a todas ellas un conjunto de operaciones comunes, aunque varíen las cantidades a que se aplican dichas operaciones

Reparto mundial de ordenadores



Quienes hacían predicciones sobre el futuro de la informática a principios de los años 50, imaginaban un porvenir en el que, para resolver los problemas de la Humanidad, se utilizarían ordenadores gigantes, del tamaño de un gran rascacielos, que necesitarían un caudal de agua igual al de las cataratas del Niágara para mantenerse fríos a causa del calor disipado en sus circuitos (en la tecnología de tubos de vacío, el almacenar un solo *bit* de información consumía 10 vatios, y si se piensa en el calor emitido por cientos de bombillas de 100 vatios, se puede ver que el mantener fría la máquina era un problema muy importante). Esta predicción sobre el tamaño de los ordenadores fue afortunadamente errónea. También lo fue la de IBM, la empresa líder en el campo de la informática, cuando presentó en 1952 sus primeros ordenadores generales e indicaba, tras un cuidadoso análisis de mercado, que con 25 máquinas de aquel tipo se podía satisfacer la demanda durante muchos años.
Actualmente, el número de ordenadores que hay en todo el mundo supera el medio millón de unidades.

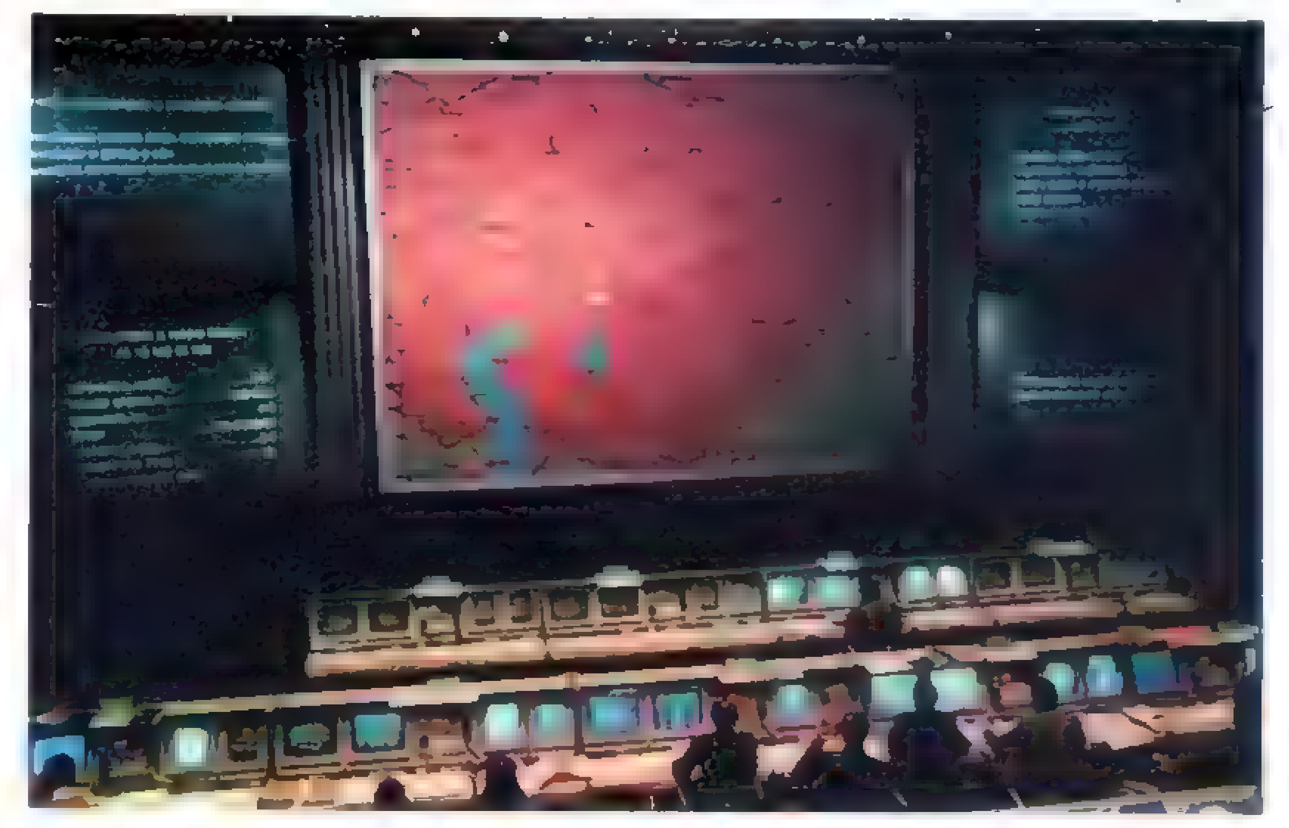
4/Uso de ordenadores para cálculos complejos

La reducción de costes y la simplificación del trabajo son sin duda dos de las misiones fundamentales de los ordenadores, pero no las únicas. La complejidad de ciertos problemas que en la actualidad ocupan al hombre ha obligado al uso de los ordenadores, no ya por razones de índole económica, sino por la imposibilidad de afrontarlos sin la ayuda de estas máquinas.

Pensemos, por ejemplo, en uno de los mayores esfuerzos de la Humanidad durante los últimos años: la conquista del espacio. Para lanzar desde la Tierra una nave y situarla en una órbita fija que la convierta en un satélite artificial, o una sonda que viaje hasta los más lejanos planetas, hay que tener en cuenta un sinfín de variables: la velocidad de rotación de la Tierra, el posible viento en el momento del lanzamiento, la cantidad de combustible que se quema en cada momento y que hace que varíe el peso del cohete de lanzamiento, la temperatura de las distintas capas de la atmósfera que atravesará el cohete, y mil datos más. Todas estas variables necesitan estar perfectamente controladas durante el lanzamiento, de forma que la variación de una cualquiera se corresponda de forma casi instantánea con la orden que permita a la nave alcanzar el punto deseado; y en esta función son prácticamente imprescindibles los ordenadores, ya que poseen las dos características básicas para tal proceso: precisión y rapidez.

Los seres humanos podemos sin duda realizar cualquier operación que efectúe una calculadora, pero nuestra propia condición nos hace propensos al error; por ejemplo, una distracción, el cansancio y muchos factores más pueden llevarnos a cometer en cualquier momento un error de cálculo. Este problema indudablemente no existe en la máquina, que solo podrá dar un resultado erróneo en el caso de una avería o cuando la persona que la maneja se equivoca al dar las órdenes que la máquina ha de seguir.

En cuanto a la rapidez con que funcionan los ordenadores, una fracción de tiempo de un segundo es enorme para ellos, hasta el punto de que, en cuanto a su velocidad de cálculo, las medidas se realizan normalmente en una unidad –llamada *nanosegundo*– cuyo valor es una mil millonésima de segundo. Esto significa, por ejemplo, que un ordenador moderno puede realizar en un segundo ¡mil millones de sumas! La velocidad de cálculo de los ordenadores ha experimentado tal aumento en su corta historia, que si



La aventura espacial es una de las típicas tareas que la Humanidad no hubiese podido llevar a cabo sin la ayuda de los ordenadores que, tanto desde Tierra como desde la nave, intercambian información. Sobre estas líneas, un aspecto del centro de control de vuelos espaciales de la URSS. En página siguiente, lanzamiento de la nave Columbia



la velocidad del transporte hubiese aumentado al mismo ritmo durante los últimos cien años, en la actualidad podríamos viajar de Madrid a Los Angeles en tan solo dos milésimas de segundo, lo que supone una velocidad mayor que la de la luz.

Estas dos características de precisión y rapidez que diferencian claramente a la máquina del hombre no han de hacernos olvidar, sin embargo, que las estrategias y las ecuaciones necesarias tanto para planificar vuelos espaciales como para construir estas fantásticas máquinas han sido realizadas por el hombre: el ordenador no está haciendo nada que el hombre no haya hecho antes; lo único que ocurre es que el hombre, por sus propias limitaciones, no puede efectuar este tipo de tareas a la velocidad que se requiere en ciertos momentos. La habilidad de los ordenadores es, pues, una cuestión de velocidad, no de inteligencia.

Vocabulario informático

Base de datos: colección de datos sobre algún tema determinado que el ordenador puede utilizar una y otra vez en diferentes ocasiones, y que generalmente se almacena en la memoria secundaria.

Bit (contracción de *binary digit*): elemento de información que representa una elección entre dos posibilidades, tal como 0 y 1. La información está en forma binaria cuando se codifica en forma de unas cadenas de *bits*.

Circuito integrado: es un circuito completo formado por muchos transistores, fabricado mediante técnicas fotográficas en un solo trozo de silicio que se llama pastilla (*chip*).

Compilador: programa que permite adecuar un programa escrito en un lenguaje de alto nivel y traducirlo obteniendo un programa completo en otro tipo de lenguaje, que se llama *lenguaje objeto*.

Datos: son las piezas de información con las que se opera al resolver un problema.

***Hardware*:** circuitos y redes de que dispone un ordenador.

Intérprete: es un traductor que toma un programa escrito en un lenguaje de alto nivel y unos datos, y traduce las instrucciones una por una formando un subprograma escrito en lenguaje máquina para cada instrucción; una vez formado, ejecuta ese subprograma sobre los datos antes de pasar a la instrucción siguiente.

Lenguaje de alto nivel: lenguaje de programación que resulta más fácil de utilizar que el lenguaje máquina.

Lenguaje de programación: lenguaje en el cual se escriben los programas de ordenador.

Lenguaje máquina: lenguaje que entiende el *hardware* del ordenador.

Memoria principal: elemento al cual y del cual la unidad central de proceso puede enviar y sacar información de forma muy rápida.

Memoria secundaria: dispositivos, como unidades de cinta magnética, que tienen una mayor capacidad que la memoria principal pero también son mucho más lentos.

Modalidad interactiva: es la utilización de un ordenador a través de un dispositivo entrada-salida llamado *terminal* que permite al usuario controlar la marcha de los cálculos, interviniendo cuando hay algo que no va bien o se necesita hacer algún cambio en el proceso.

Modalidad por tandas: utilización de un ordenador para ejecutar un programa completo sin que se produzca ninguna interacción con el usuario hasta que el ordenador ha sacado todos los resultados.

Posición: la memoria principal de un ordenador está dividida en posiciones que pueden almacenar cada una el código binario correspondiente a una instrucción o a un dato. Cada posición se puede indicar por un número diferente, que se llama *dirección* de la misma.

Programa: secuencia de instrucciones que detalla paso a paso como hay que hacer una tarea.

Registro: dispositivo que se encuentra dentro del ordenador y que sirve para almacenar una instrucción o un dato.

Sistema de tiempo compartido: sistema que permite que haya muchos usuarios interactuando con un solo ordenador. El sistema operativo asigna una fracción de cada segundo de tiempo de la Unidad Central de Proceso a las necesidades de cada usuario, haciendo un trasvase de los ficheros de los usuarios entre la memoria secundaria y la principal.

Sistema operativo: es un conjunto de programas que están permanentemente dentro del ordenador, y hace que éste sea más fácil de utilizar.

***Software*:** programas escritos para un ordenador.

Traductor: programa que necesita el ordenador para poder ejecutar un programa escrito en lenguaje de alto nivel; previamente lo traduce de su versión a lenguaje máquina.

Unidad de cinta magnética: de la misma forma que un magnetófono puede almacenar el sonido en cinta magnética construyendo la configuración adecuada de magnetización, una unidad de cinta magnética puede almacenar información para uso del ordenador.

5/Del ábaco a la máquina de Babbage

Todo el mundo piensa, y no sin razón, que tanto los ordenadores como la necesidad de su utilización son hechos relativamente recientes; sin embargo, las ideas básicas de este tipo de máquinas características del siglo XX, como ocurre con otros muchos inventos actuales, existían ya en la mente humana hace cientos e incluso miles de años. Puede decirse, pues, sin temor a error, que el ordenador no es un invento impuesto a la sociedad, sino la consecuencia lógica de determinadas necesidades humanas y el resultado de numerosos inventos anteriores.

En efecto, el hombre ha tenido siempre, a lo largo de su historia, la necesidad de calcular, aunque en un principio confiaba fundamentalmente en su cerebro para efectuar los cálculos. Parece, pues, natural que el afán incesante del hombre por liberarse de tareas rutinarias o que exijan gran esfuerzo mental le llevara desde muy antiguo a la búsqueda de instrumentos adecuados para facilitar el cálculo aritmético.

En este sentido, el primer instrumento utilizado –aparte de los dedos de la mano (de donde derivan los términos *dígito* y *digital*)– es el ábaco, dispositivo consistente en un conjunto de cuentas engarzadas en una varilla, cuyo origen se remonta a los siglos III o IV a. de C. A pesar de que el uso del ábaco facilitó la manipulación de las cantidades, no aportó nada nuevo al concepto del cálculo ni a su automatización. El primer paso importante en este camino fue dado por Blas Pascal (1623-1662) con la construcción, en el año 1642, de un mecanismo de cálculo. Esta máquina constaba de un conjunto de ruedas dentadas, cada una de ellas numeradas del 0 al 9. Cuando una rueda pasaba del 9 al 0, después de una vuelta completa, producía un arrastre de un décimo de vuelta en la rueda situada a su izquierda, incrementando en una unidad el número de lectura. Este proceso de *arrastre automático* constituye la principal aportación de la máquina de Pascal, pero no la única, pues también contaba con un dispositivo de *memoria* que acumulaba los resultados, y, además introdujo la representación numérica en base decimal.

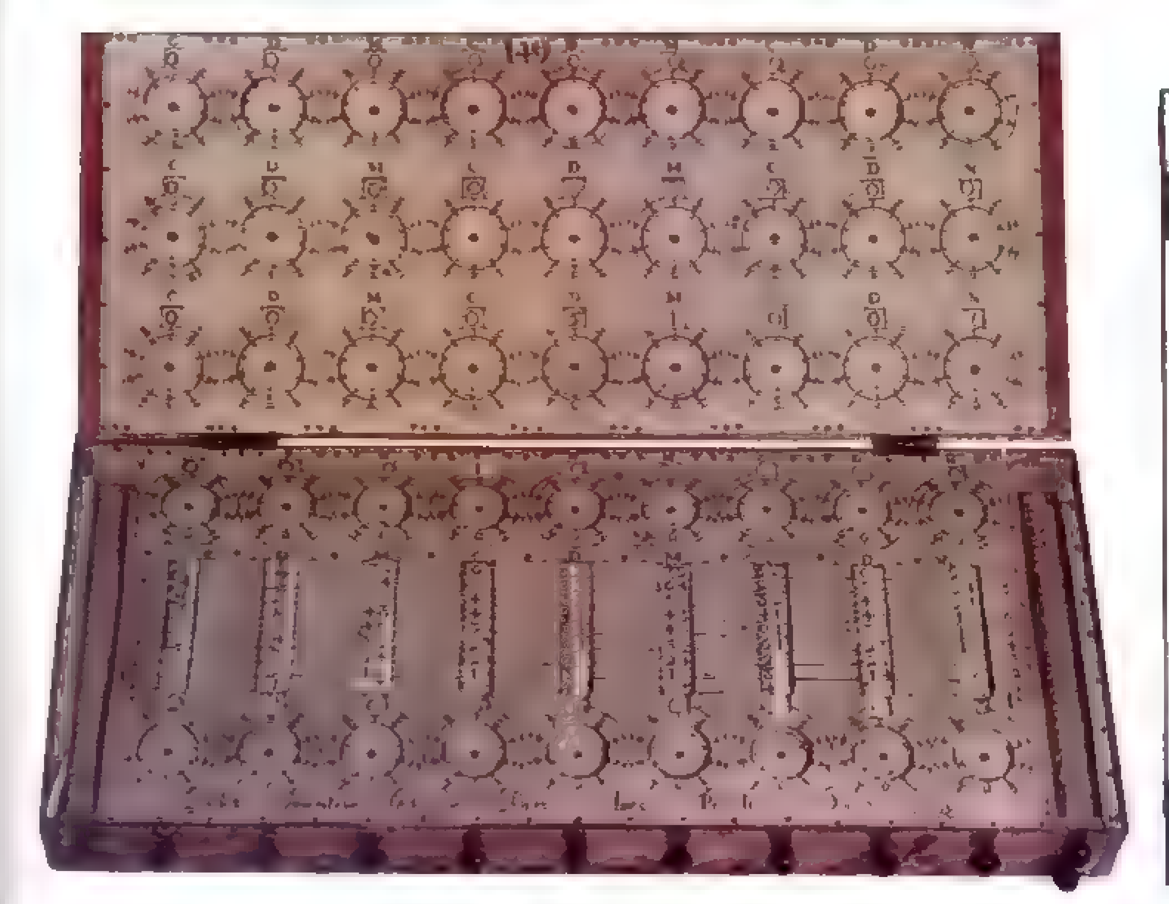


El ábaco, cuya antigüedad se remonta a la civilización babilónica, sigue siendo un instrumento de cálculo de muchos pueblos de Asia y del oriente de Europa. En la imagen, un ábaco ruso

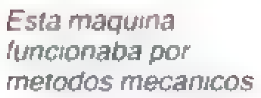
Posteriormente, hacia 1671, el filósofo y matemático alemán Gottfried Leibniz (1646-1716) construyó una máquina que ejecutaba automáticamente las cuatro operaciones aritméticas, perfeccionando la de Pascal, que únicamente sumaba y restaba.

Sin embargo, no puede hablarse de auténtico avance, en cuanto al concepto de cálculo y su representación, hasta las investigaciones del británico Charles Babbage (1792-1871), innovador espectacular pero fracasado, sin duda porque las máquinas que pretendía realizar no podían construirse al superar con creces la tecnología existente en su época. El primer invento de Babbage fue la *máquina de diferencias* que, comenzada en 1823, fue abandonada sin acabar por su inventor en 1842, después de haber recibido del gobierno británico alrededor de 20.000 libras de subvención. La razón que impulsó a Babbage a abandonar su invento, aparte la reducida tecnología de la época, fue su interés por la creación de una máquina más potente y ambiciosa que la anterior, que él denominó *máquina analítica* y que concibió en 1831. Su finalidad era ejecutar cualquier operación matemática sin la intervención humana en el proceso de cálculo.

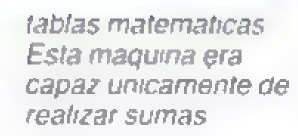
La máquina analítica estaba compuesta por cuatro unidades básicas: una memoria para almacenar los da-



La maquina aritmetica de la imagen, analoga a la de Pascal, supuso un primer paso en la construccion de sistemas mas complejos de calculo.



Esta maquina funcionaba por metodos mecanicos.



La maquina de diferencias construida por Babbage a mediados del siglo XIX estaba destinada fundamentalmente a la elaboracion de tablas matematicas. Esta maquina era capaz unicamente de realizar sumas.

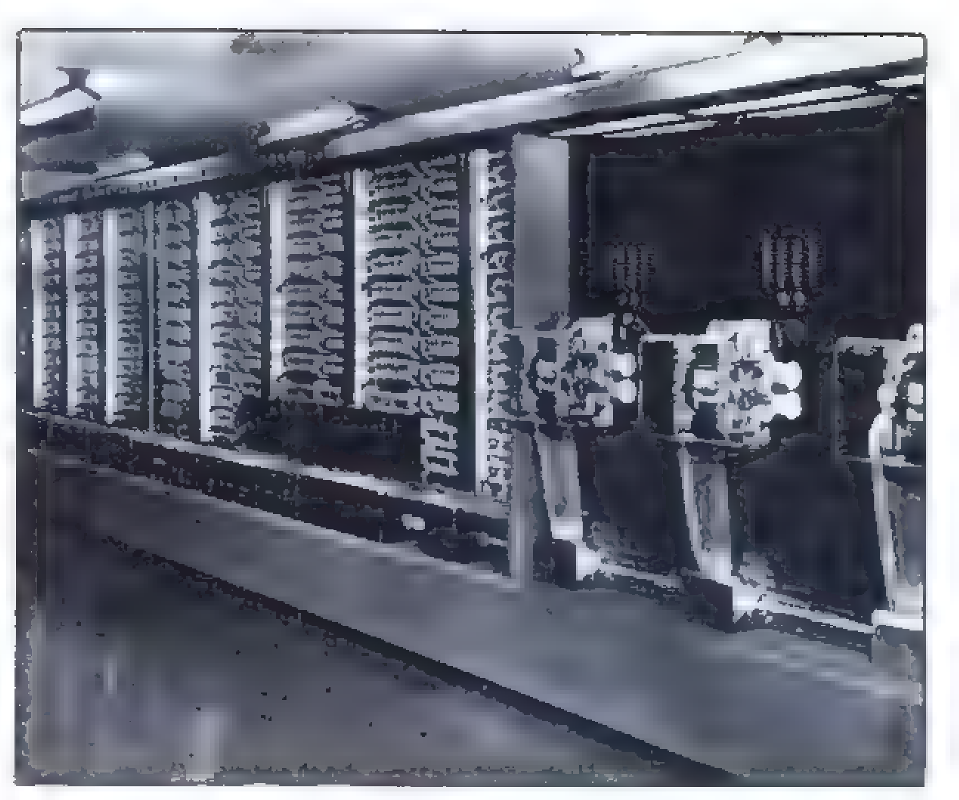
tos y los resultados intermedios, una *unidad aritmética* para efectuar los calculos aritméticos, un sistema de engranajes y palancas para transferir datos entre la memoria y la unidad aritmética, y un dispositivo independiente para introducir datos y sacar resultados de la máquina. Resulta sorprendente lo próximo que se encuentran los ordenadores de hoy día al diseño de Babbage.

Por otra parte, Babbage tomó la idea de Jacquard (mecánico francés que en 1801 inventó un telar automático que, mediante un sistema de tarjetas de cartón perforadas, creaba copias perfectas de un original) y utilizó un sistema de tarjetas perforadas para suministrar datos de entrada y controlar su máquina analítica. Las tarjetas se dividían en dos grupos: las *tarjetas de operación*, cada una de las cuales seleccionaba una de las cuatro operaciones aritméticas que se quería realizar, y las *tarjetas variables*, cuya finalidad era seleccionar las posiciones de memoria que se usaban en una operacion en particular.

La máquina analitica contaba también con un mecanismo que permitia alterar de forma automática la secuencia de las operaciones, siguiendo un curso de acción distinto segun que el signo de un número fuera positivo o negativo.

Babbage se planteó la construccion de su maquina a gran escala, diseñando la memoria para una capacidad de mil numeros de cincuenta digitos decimales, estimando que la suma de dos numeros se realizaria en un segundo y la multiplicación en un minuto. Sin embargo, la maquina suponia problemas enormes de construccion, tantos, que incluso hoy en día resulta improbable que un ingenio mecanico de estas caracteristicas pudiera construirse y presentar un rendimiento satisfactorio. Ademas, para su epoca, Babbage no era mas que un soñador poco practico, por lo que, aunque pasó más de la mitad de su vida mejorando el diseño, la maquina analítica nunca llego a ser una realidad.

6/De la calculadora electromecánica a la electrónica



La MARK I construida por Howard Aiken durante la II Guerra Mundial, supuso el primer ordenador programado de caracter general, si bien pese a su enorme tamaño, su capacidad de memoria era muy reducida y su sistema electromecanico de calculo hacia que estos programas se desarrollasen con una considerable lentitud

Después de la muerte de Babbage, no se llevó a cabo ningún intento significativo para construir calculadoras hasta la década de 1930-1940, cuando, de forma independiente, se iniciaron en Alemania y Estados Unidos proyectos en este sentido. Así, en 1938, el alemán Konrad Zuze construía una calculadora mecánica, la *Z1*, sin tener aparentemente conocimiento del trabajo de Babbage. Posteriormente, otra máquina suya, cuya unidad aritmética estaba construida con relés* electromagnéticos, iba a acreditarse como la primera calculadora de propósito general con programa controlado que estuvo operativa. Sin embargo, el trabajo de Zuze se vio interrumpido por la Segunda Guerra Mundial y tuvo por ello muy poca influencia en el posterior desarrollo de las calculadoras.

En Estados Unidos, un físico de la Universidad de Harvard, Howard Aiken (1900-1973), propone en 1937 el diseño de una calculadora electromecanica de propósito general, conociendo, a diferencia de Zuze, los trabajos previos de Babbage. Un acuerdo con la IBM permitió, en 1939, comenzar la construcción de la calculadora de Aiken, que se terminó en 1944, bautizándose con el nombre de *MARK I*.

Esta maquina incorporaba las ideas de Babbage, aunque estaba realizada con relés electromecánicos; tenía una capacidad de memoria de 72 números decimales de 23 dígitos cada uno, y su programación se realizaba mediante una cinta perforada que combinaba las funciones de las tarjetas de operacion y de las tarjetas variables de la maquina analítica ⁵. La máquina de Aiken no añadió nada nuevo a lo que ya existia, pero supuso un gran paso, sobre todo porque demostró la utilidad de los sistemas automáticos de tratamiento de la información, como lo demuestra el hecho de que, a pesar de su reducida velocidad de cálculo –tres segundos para una multiplicación de diez digitos– en comparación

Codificación de la información

A pesar del avance realizado por Babbage en el campo del calculo, la informacion seguia siendo estrictamente numerica (digital). Seria el norteamericano Herman Hollerith (1860-1929) quien en 1890 aportaria la idea de codificar cualquier tipo de informacion mediante el sistema de tarjetas de Jacquard. La primera aplicacion practica de la idea de Hollerith fue el procesamiento de datos para el censo de poblacion de 1890 en los Estados Unidos. Las distintas caracteristicas de la poblacion se indicaban mediante la perforacion de agujeros en lugares especificos de una tarjeta, agujeros que despues eran «leidos» por un dispositivo electrico y contados mecanicamente.
En 1896 Hollerith crea la Tabulating Machine Company para fabricar su equipo y en 1911 fusiona su compañia con algunas otras para formar la Computing-Tabulating-Recording Company, que en 1924 cambia su nombre por el definitivo de International Business Machines Corporation (IBM).

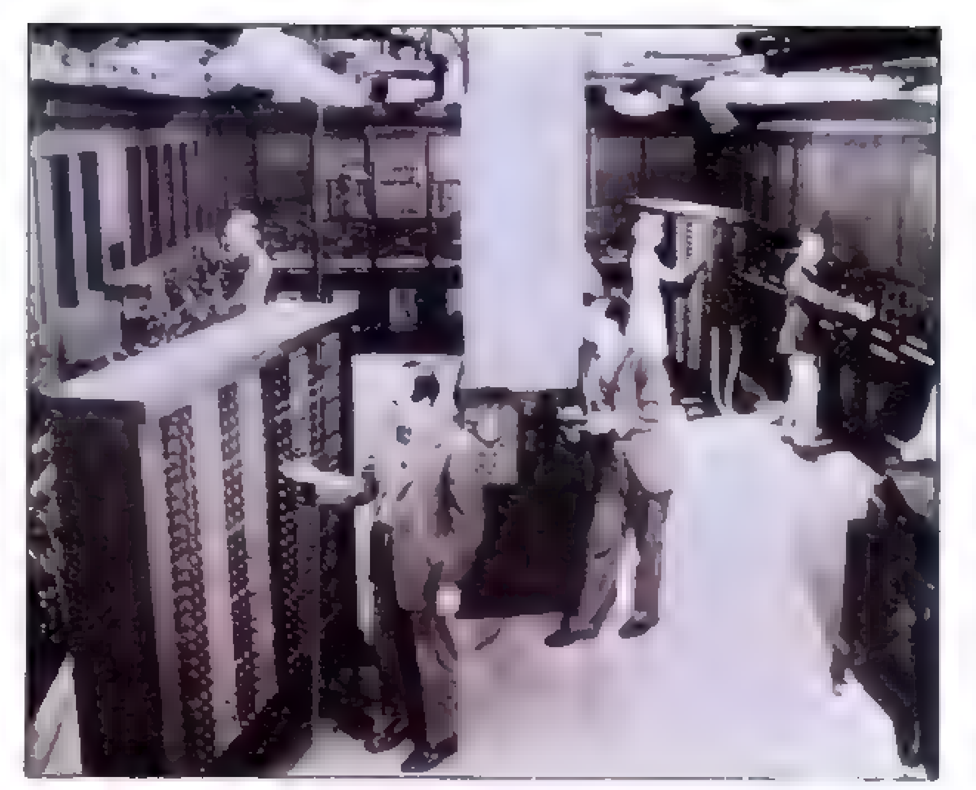
con las actuales, estuvo en servicio hasta 1959.

Sin embargo, el éxito de la *MARK I* y de otras calculadoras de tecnología mecánica se vio ensombrecido por varias razones: la limitación de la velocidad de cálculo, impuesta por la inercia de las partes móviles; la lentitud en la ejecución del programa, motivada por el gran consumo de tiempo que se producía al introducir las intrucciones mediante tarjetas perforadas y ejecutarse cada una de ellas por separado; y un funcionamiento poco fiable que exigía una vigilancia continua y delicada.

Para solventar estas dificultades existían dos vías: mejorar el tiempo de respuesta de los circuitos con nuevas tecnologías, y modificar la estructura de los modelos con nuevas concepciones de sistemas de cálculo. Fue la síntesis de estas dos ideas la que propició nuevos desarrollos hasta conseguir los modelos actuales.

En el campo de la mejora de los tiempos de respuesta de los circuitos, uno de los grandes pasos llevados a cabo fue la invención de las calculadoras electrónicas. En este tipo de calculadoras los elementos móviles son electrones, lo que permite transmitir la información mediante corrientes eléctricas a velocidades que se aproximan a la de la luz (300.000 km/s). Por otra parte, el triodo (válvula de vacío), inventado por Lee de Forest en 1906, permite la conmutación de señales eléctricas a velocidades muy superiores a las que se podrían conseguir con elementos mecánicos.

El primer intento de construcción de una calculadora electrónica utilizando la válvula de vacío parece que se debe a J. Atanasoff, de la Universidad de Iowa; era, sin embargo, una máquina de propósito particular, que permitía resolver un único tipo de problema.



La ENIAC, desarrollada por la empresa UNIVAC fue prácticamente el primer ordenador que se construyó. Esta máquina tiene la gloria de ser la primera que incorporó la electrónica al cálculo. Sus circuitos contenían 18 000 tubos de vacío y el conjunto de la máquina pesaba más de 30 toneladas, ascendiendo su precio a 500 000 dólares.

La primera calculadora electrónica de propósito general fue, probablemente, la *ENIAC*, construida en la Universidad de Pensilvania entre 1943 y 1946 bajo la dirección de John Mauchly y J. Presper Eckert. Esta máquina era sustancialmente más rápida que cualquiera de las anteriores: solo necesitaba 0,003 segundos para efectuar una multiplicación entre operandos de diez dígitos decimales.

Aparte del avance que supuso esta calculadora, con la incorporación de las técnicas electrónicas, la *ENIAC*, desde un punto de vista conceptual, significó un retroceso, ya que para programar la máquina con el fin de resolver un problema había que actuar sobre un panel fijo de conexiones y cuadros de interruptores. Si el problema se modificaba, había que cambiar también el cableado de interconexiones entre las unidades, lo cual hacía complicada y difícil la programación.

Después de la *ENIAC*, Mauchly y Eckert continuaron su trabajo, desarrollando una nueva calculadora, la *EDVAC*, comenzada en 1946. La importancia de esta máquina reside en que es la primera *calculadora con programa almacenado* [10]*, concepto sugerido por el gran físico-matemático John von Neumann (1903-1957).



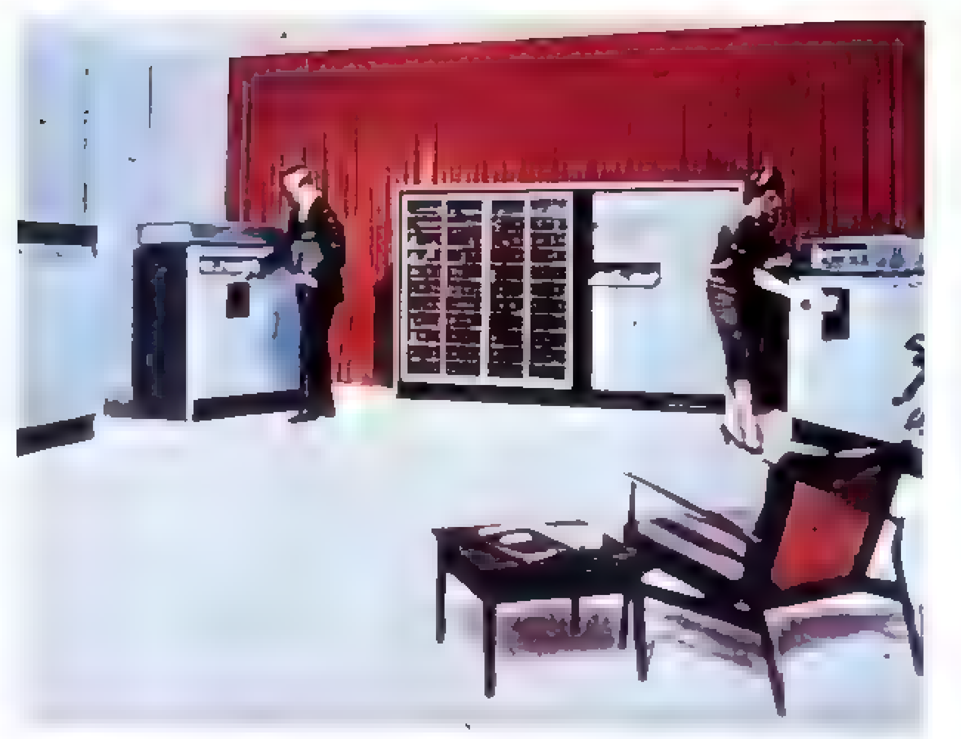
Relé: dispositivo electromecánico o electromagnético utilizado para abrir o cerrar un circuito.

7/Del tubo de vacío al transistor

En el año 1951, la empresa montada por Mauchly y Eckert para fabricar calculadoras vendía una máquina denominada *UNIVAC I* a la oficina del Censo americano. La era de la informática estaba en marcha.

La década de los cincuenta marcó la primera generación de ordenadores, que se diferencia de las dos siguientes por su tecnología. El componente electrónico clave de estas máquinas es el tubo de vacío ⁶, pero, comparadas con las actuales, se aprecia en ellas una gran lentitud, pues solo eran capaces de ejecutar aproximadamente mil instrucciones por segundo y su capacidad de memoria era bastante limitada (de 10.000 a 20.000 posiciones).

Hacia 1956 la IBM tomaba la posición de líder en el mercado de calculadoras al introducir sus series *IBM 650* e *IBM 700*. Otros fabricantes eran NCR, Burroughs, RCA y UNIVAC. A partir de este momento hay que dejar de hablar de inventores individuales para comenzar a hacerlo de grandes corporaciones; la razón es sencilla: las calculadoras modernas se componen de partes electrónicas y mecánicas tan complejas, que escapan a las capacidades de cualquier persona individual.



Aspecto de un ordenador clasico de la segunda generacion construido por la empresa UNIVAC. Esta epoca se distingue por sus avances, tanto en el hardware como en el software, que intentaban dar solución a un numero de usuarios cada vez mas amplio y diferenciado

En esta época, las investigaciones de electrónica continúan, lográndose éxitos tan importantes como el *transistor*, un dispositivo que hizo ganar el Premio Nobel de Física en 1956 a los tres investigadores que lo construyeron. Los transistores no solo son más pequeños y utilizan la energía más eficazmente que los tubos de vacío, sino que además son más baratos, más fáciles de producir en masa y menos frágiles que las válvulas.



Los ordenadores de la serie IBM-370 son representantes genuinos de las máquinas de la tercera generación La aparición de los circuitos integrados da lugar a que el tamaño de las maquinas disminuya al mismo tiempo que, de generación en generación, aumenta la fiabilidad y rapidez, tal y como muestra el gráfico de la derecha

Así pues, el transistor marcó el final del ordenador con tubos de vacío –que en 1960 ya podía considerarse obsoleto– y el principio de la segunda generación, caracterizada por máquinas más pequeñas físicamente, más rápidas (un millón de instrucciones por segundo) y bastante más fiables que las de la primera.

Ordenadores como el *Honeywell 800*, *Burroughs B-500*, *IBM 1400*, *IBM 7090*, *Control Data Corporation 1604* y *UNIVAC 1107* alcanzaron altos índices de ventas gracias a su gran fiabilidad, que les hacía muy atractivos para el mundo de los negocios. Tanto es así, que en ese lapso se aprecia un acusado incremento del uso de estas máquinas. Si en 1950 el número de ordenadores que funcionaban en el mundo podía contarse con los dedos de una mano, hacia 1965 el valor de todos los ordenadores instalados se elevaba ya a unos cuatro mil millones de dólares.

Fuera del campo de la electrónica, en la época conocida como de la segunda generación de ordenadores (1960-1965) se consiguió mejorar sobremanera la técnica de utilización de estas máquinas, con conceptos tales como *sistemas operativos* [20]▸, *tiempo compartido* [21]▸, y lenguajes orientados al usuario.

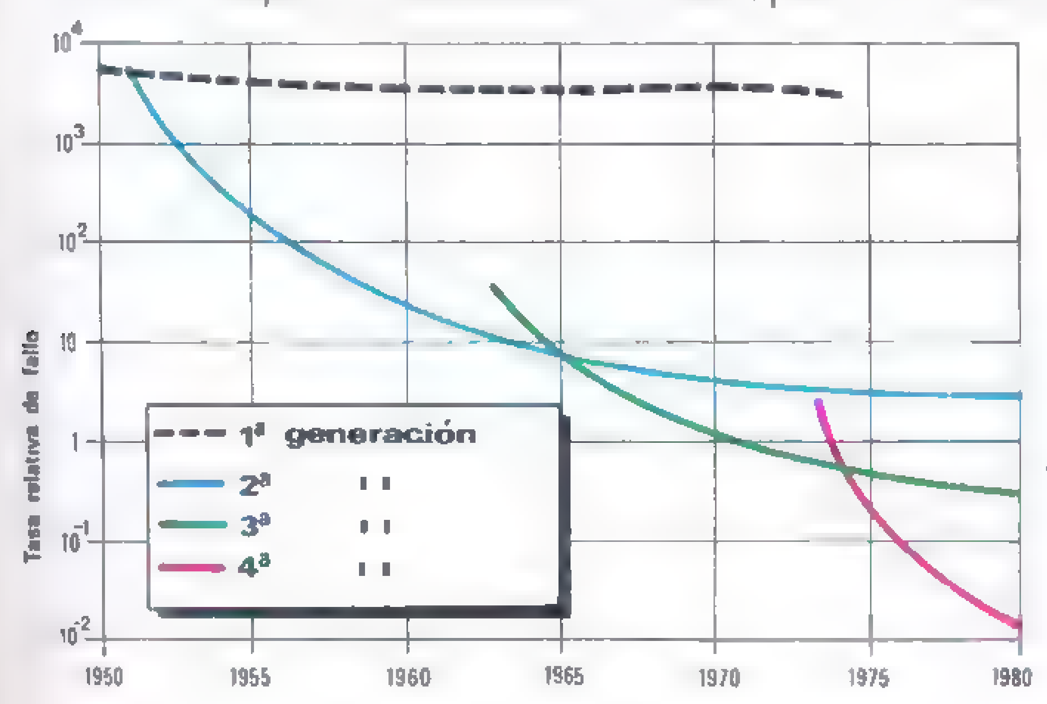
Sin embargo, en este período la electrónica continúa en plena efervescencia y se hacen grandes avances en el campo de los *circuitos integrados*; ello supone que en lugar de fabricar transistores aislados y cableados entre sí para formar un circuito, se graban todos los componentes y conexiones necesarias para ese circuito en una sola pastilla de silicio, usando técnicas fotográficas. Nace la tercera generación de ordenadores.

En poco tiempo, los circuitos necesarios para almacenar un *bit* [16]▸ de información se redujeron a menos de 200 milímetros cuadrados, consiguiéndose aún avances más espectaculares, pues en 1974 se lograron circuitos integrados con más de 20.000 componentes en solo 5 milímetros cuadrados.

De esta forma se logró que la unidad central de proceso de un ordenador moderadamente potente se pudiera colocar en unos cuantos circuitos integrados, en lugar de ocupar toda una sala como ocurría por ejemplo con el *MARK IV*. Por otra parte, estas unidades de proceso funcionan en la actualidad gracias a una sola pila, en vez de necesitar la misma cantidad de energía que una ciudad de varios miles de habitantes. ¡Se ha conseguido una reducción de mil millones en el consumo de energía!

Representantes genuinos de esta tercera generación son los sistemas *IBM 360* y *370*.

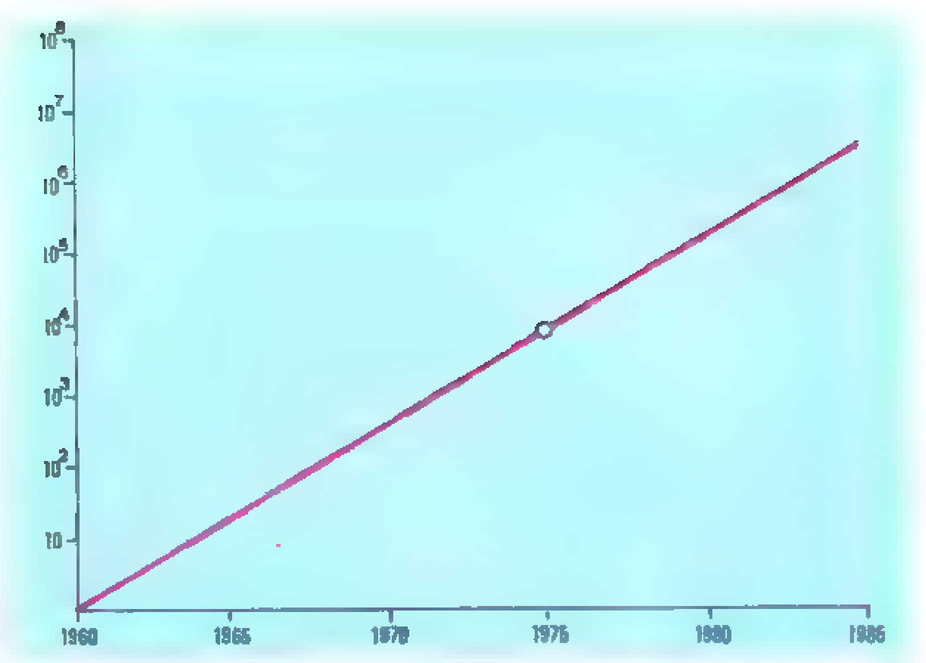
Hacia mediados de la década de los setenta se había conseguido que el valor de los ordenadores instalados fuera seis veces mayor que la cifra de diez años antes: ahora sobrepasaba los veinticuatro mil millones de dólares.



Ventas de las empresas líderes (1980)

Empresa	Ventas (millones $)	% incremento sobre 1979	Beneficios (millones $)
IBM	21.367	16,5	3.562
Control Data	2.791	22,7	150,6
Digital Equipment	2.744	35	277
NCR	2.658	10,6	254,7
Sperry Univac	2.552	12,4	260
Burroughs	2.478	1,4	82
Fujitsu	1.695	14,0	83
Honeywell	1.672	13,6	280,9
ICL	1.641	14,7	40,6
Hewlett Packard	1.519	43,5	269
Honeywell Bull	1.488	22,7	42,6
Olivetti	1.380	18	115
Hitachi	1.160	17	385
Siemens	1.155	10,5	348
Nixdorf	860	24,8	19

8/Revolución micro-electrónica



El gráfico muestra la tendencia del número de componentes que existen en un circuito integrado (chip). Como se puede observar, este número aumenta espectacularmente, pudiendo suponerse que en 1995 existirán chips que contengan hasta un millón de elementos.

La evolución de la tecnología electrónica se ha realizado en los últimos años con tanta rapidez, que más de una vez se hace referencia a ella como una revolución.

La tecnología de los circuitos integrados ha tenido una gran progresión, tanto en lo que se refiere al nivel técnico como al económico. El aumento en la complejidad de estos circuitos, entendida como número de componentes soportado por cada uno de ellos, ha tenido como consecuencia la mejora de otras características: disminución de la potencia consumida y aumento de la velocidad de funcionamiento y de la fiabilidad del sistema.

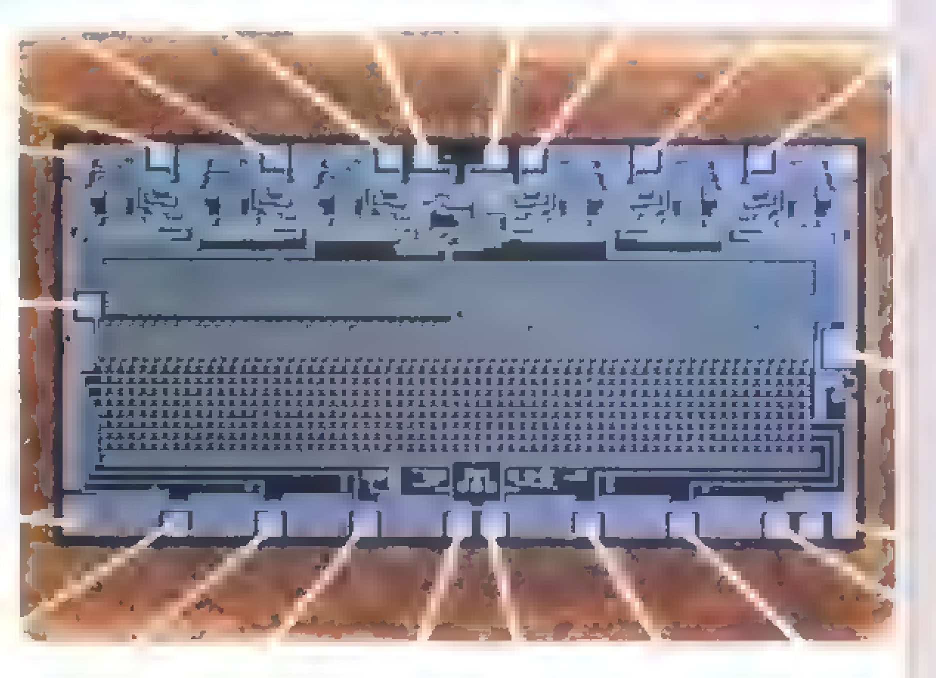
A partir del transistor se llega al circuito integrado actual a través de las siguientes fases:

- integración a pequeña escala (algunos transistores sobre un mismo sustrato de silicio);
- integración a media escala (algunas decenas de transistores);
- integración a gran escala (centenares o millares de transistores).

Actualmente nos encontramos en una fase de integración a muy gran escala, con decenas o centenares de miles de transistores por sustrato. En este sentido, Gordon Moore, cofundador de Intel –empresa líder en el campo de la microelectrónica–, ha estudiado la velocidad con que se ha efectuado este aumento de complejidad en los circuitos y afirma que, comen-



En la imagen de la izquierda se puede observar la relación de tamaños entre una válvula de vacío, un transistor y un circuito integrado formado ya por miles de transistores. A la derecha, una fotografía de cómo está construido uno de estos circuitos.



zando con el transistor a finales de la década de los años cincuenta, dicha complejidad, en promedio, se ha doblado por año. Así, en los dieciséis años comprendidos entre 1959 y 1975 se han conseguido 2^{16} = 65.536 transistores por circuito integrado.

No es exagerado, pues, afirmar que una gran parte de los descubrimientos tecnológicos de estos últimos años se ha sustentado en la microelectrónica. Elementos de control y sensores diminutos y de gran fiabilidad han sido, por ejemplo, los elementos que han hecho posible el programa espacial. Asimismo, los dispositivos microelectrónicos son la base de multitud de máquinas actuales, desde los satélites de comunicación hasta las calculadoras de bolsillo o los relojes digitales. Sin embargo, quizá lo más significativo sea el impacto de la microelectrónica en el ordenador, ya que la capacidad de éste para almacenar, procesar y presentar la información ha experimentado un gran avance gracias a esta ciencia.

En la década de los setenta surge la posibilidad de introducir en un circuito integrado de alta escala de integración funciones complejas que solo resultan rentables en aquellos casos de grandes volúmenes de producción.

El poder disponer de una máquina cuyas capacidades operativas fueran independientes de su estructura constituía una solución muy atractiva. Si a esto se añadía el que dicha máquina pudiera realizar cualquier tipo de función sin necesidad de efectuar cambios en su estructura, la solución se convertía en ideal. Pues bien, el *microprocesador* surge en la búsqueda de esta solución, aprovechándose de las posibilidades de fabricación de circuitos con una elevada densidad de integración.

El microprocesador ha llevado a la electrónica a una nueva era, a lo que podríamos llamar la cuarta generación. En apenas diez años de existencia ha conseguido una penetración mucho más profunda en nuestra sociedad que la que tuvieron las grandes calculadoras de las dos décadas anteriores; más aún, ha originado un replanteamiento total del papel que el ordenador habrá de jugar en la sociedad del futuro, abriendo para él nuevas posibilidades de utilización que hasta su aparición resultaban impensables. Lo que era una máquina gigantesca atendida por especialistas se ha convertido de pronto en un diminuto circuito integrado, transferible a los usuarios de automóviles, juegos, etc. Como resultado de todo esto, el microprocesador ha invadido los productos existentes y ha creado otros nuevos, como los juegos electrónicos y las calculadoras personales.

Sin embargo, el impacto del microprocesador es mucho más profundo; está cambiando la estructura de nuestra sociedad al alterar los métodos de conseguir y usar información, de comunicación y de trabajo. Los cambios solamente están empezando y por ello llevará aún algunas décadas evaluar totalmente el impacto del microprocesador sobre la sociedad; pero lo que sí está claro ya es que un mundo de cientos de millones de ordenadores será muy diferente del actual.



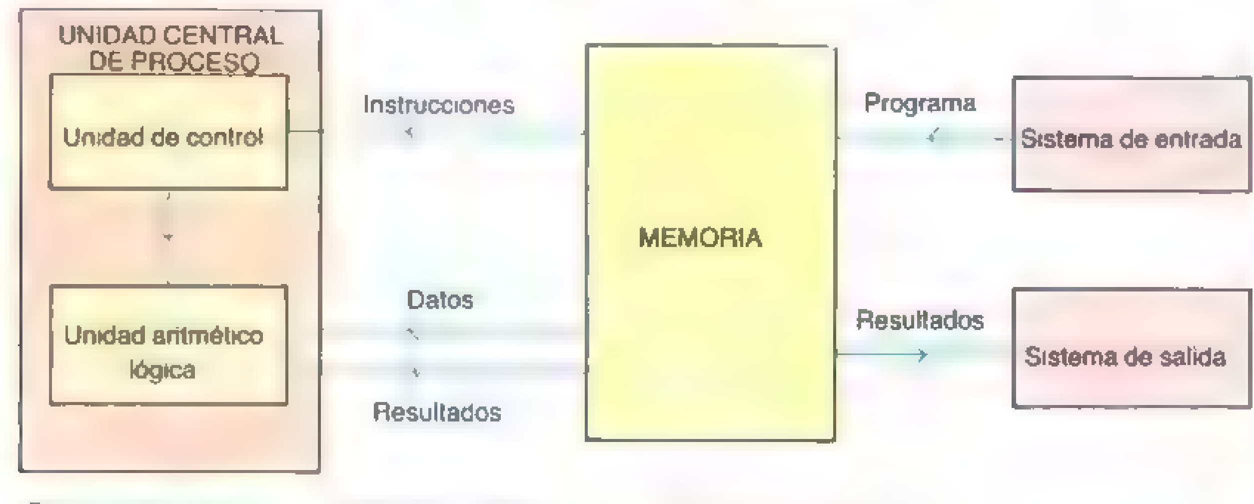
La miniaturización de los componentes ha traído como lógica consecuencia la disminución en el tamaño de los ordenadores. En la imagen, un microordenador cuya potencia de cálculo es muy superior a la de las primeras máquinas construidas. A la derecha de la pantalla se puede observar la memoria secundaria, formada por dos discos magnéticos flexibles.



9/Elementos fundamentales de un ordenador

Un ordenador electrónico es una máquina que, en muchos aspectos, funciona de forma similar a una persona que quiere resolver un problema; por este motivo quizá sea interesante observar con detenimiento los pasos que sigue alguien que desea resolver un problema complicado.

La orden para la resolucion de un problema llega generalmente a la persona encargada de hacerlo por medio de un papel en el que se especifica el tipo de problema de que se trata y la solución que del mismo se desea. Una vez recibida ésta, la persona encargada recurrirá lógicamente a los libros, notas y apuntes que posea, dentro de los cuales se encontrarán tanto las fórmulas que podrán resolver los distintos pasos del problema como los datos que intervienen en él. Una vez localizados estos, y seleccionados las fórmulas y los datos imprescindibles, la persona llevará a cabo una serie de operaciones aplicando los datos a las distintas fórmulas de una forma secuencial hasta que, finalmente, llegue a la solución del problema propuesto. Esta solución –que lógicamente entrará también a formar parte de la biblioteca de la persona que lo resolvió– se escribirá finalmente en un papel y



Sobre estas líneas esquema elemental de la estructura de un ordenador en el que se han diferenciado los terminales de entrada y salida, la memoria y las unidades de control y aritmético-lógica que forman la unidad central de proceso. A la derecha, fotografía de un terminal de entrada con pantalla gráfica interactiva y lápiz fotosensible

Unidad de entrada

Es el sistema mediante el cual se introducen en el ordenador los datos y las instrucciones que forman el programa que habrá de ejecutar este. Pueden ser de varios tipos: teclados con pantalla, lectora de fichas perforadas, etc. Sin embargo, sea cual sea su sistema, siempre es el instrumento de comunicación entre el hombre y la máquina.

Memoria

Es la parte del ordenador en la que se introducen los datos e instrucciones que forman el programa. De ella extrae la unidad central de proceso los elementos que necesita para ejecutar el mismo, y deposita los datos intermedios que se generan al ejecutar el programa. Una vez finalizado éste, quedan almacenados en la memoria los resultados, que son extraídos por la unidad de salida.

Unidad central de proceso

Es el «corazón» del ordenador. Su misión consiste en interpretar y ejecutar todas las instrucciones contenidas en el programa. A su vez está compuesta por dos elementos bien diferenciados, la unidad aritmético-lógica y la unidad de control.

se le entregará a la persona solicitante.

En muchos aspectos, el funcionamiento de un ordenador es similar al descrito. En primer lugar, el ordenador recibe toda la información que le llega del exterior por medio de una *unidad de entrada*, que, en nuestro ejemplo, equivaldría al papel en que se nos pide que resolvamos el problema. Una vez recibida la orden, ésta pasa a la *memoria* del ordenador, en la que, del mismo modo que en la biblioteca, se encuentran almacenados los datos y las instrucciones de operación que permitirán a la maquina resolver el problema. Conectada a la memoria se encuentra en el ordenador la *unidad central de proceso*, que está a su vez formada por dos importantes bloques: la *unidad de control* y la *unidad aritmético-lógica*; la primera de ellas tiene como función extraer de la memoria las instrucciones necesarias para resolver el problema y las secuencias con que deben ejecutarse, traspasando esta secuencia a la unidad aritmético-lógica que, una vez recibida ésta, extrae de la memoria los datos necesarios y ejecuta todas las operaciones previstas.

Realizado todo el proceso, el resultado obtenido pasa a la memoria, donde queda almacenado hasta que, en un momento dado, es extraído de ella por medio de una *unidad de salida* que es la encargada de proporcionarnos la solución buscada.

Este proceso, que la maquina realiza en tiempos increíblemente cortos, posee indudablemente una serie de pasos intermedios y de sistemas cuyas misiones son muy específicas; sin embargo, para el nivel en que se va a mover este texto, es suficiente el conocer los sistemas mencionados.

Aspecto externo del conexionado de una memoria de ferritas de un ordenador de tercera generación



Aspecto general de un ordenador. A la derecha se aprecia la unidad central de proceso

Unidad aritmético-lógica

Es la que lleva a cabo todos los cálculos y comparaciones (decisiones) que forman el programa. Durante toda la elaboración del mismo, fluyen entre esta unidad y la memoria los diferentes datos, indicándole la unidad de control el tipo de operación a realizar con estos datos.

Unidad de control

Es la encargada de interpretar y seleccionar las distintas instrucciones que forman el programa y que se encuentran almacenadas en la memoria. Este sistema recibe, de entre los introducidos en la memoria, aquellos códigos que significan instrucciones, los interpreta y genera las señales que envía a las otras unidades de la maquina que son las encargadas de ejecutarlos.

Unidad de salida

Es un dispositivo similar a la unidad de entrada, ya que también sirve de comunicación entre el hombre y la maquina. Toma de la memoria la información codificada y la convierte en un formato que, o bien puede ser directamente interpretado por el hombre, o trasladado a otra maquina de procesamiento, como los discos o cintas magnéticas.

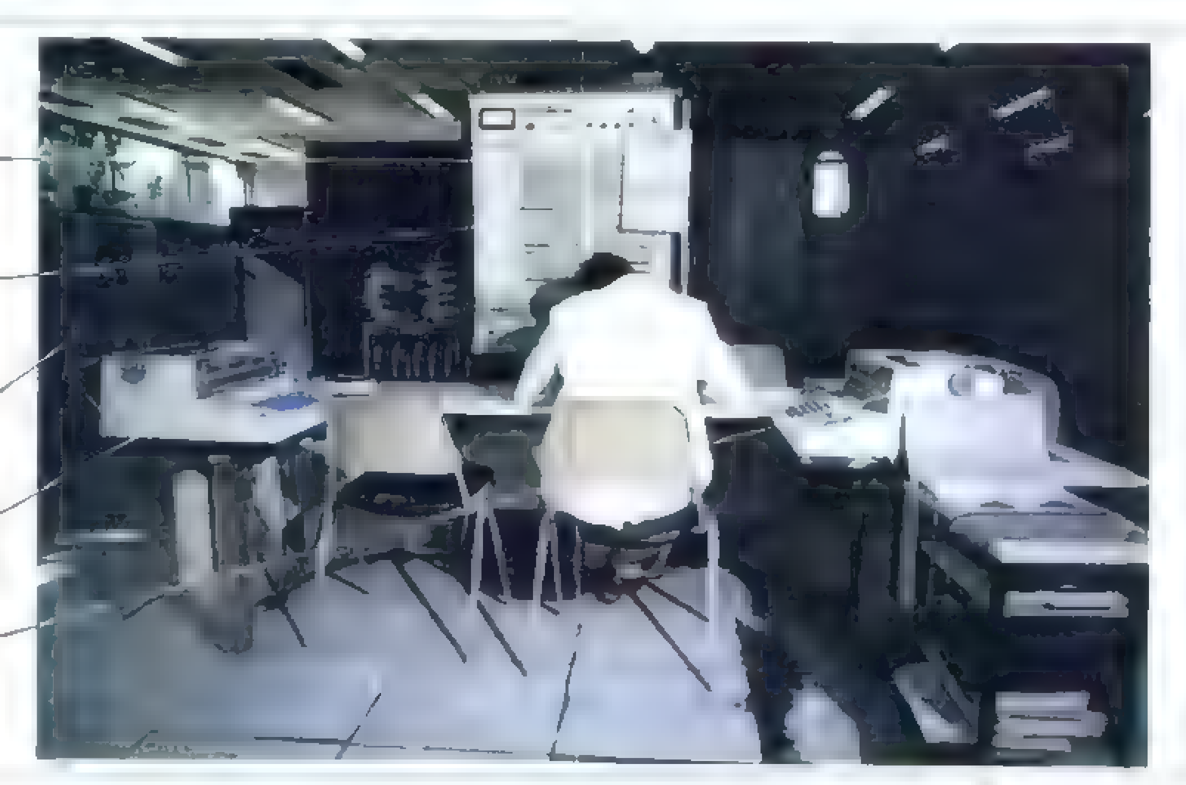
10/Calculadora con programa almacenado

Utilizar una calculadora es algo parecido a conducir un automóvil, donde el usuario no tiene porqué conocer completamente cómo funciona. ¿Qué porcentaje de conductores puede decir qué pasa durante los cuatro ciclos del motor de un coche? Si no lo saben, ¿quiere esto decir que son automovilistas inseguros y que se les debe negar el permiso de conducir? Desde luego que no.

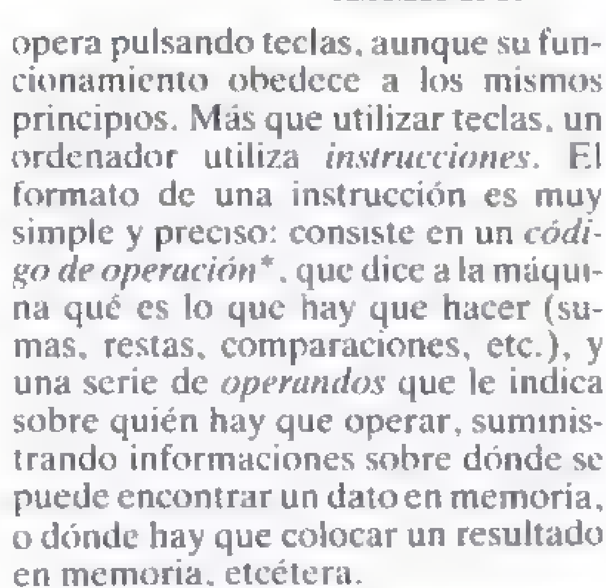
Sin embargo, aunque no sea necesario saber mucho del coche para manejarlo, algunos conocimientos pueden llevarnos a un uso mucho más efectivo del mismo. Análogamente, conocer al menos el modelo simplificado de una calculadora puede ser muy útil para que el usuario pueda tener una idea de cómo trabaja. Esencial para esa comprensión es el concepto de *calculadora con programa almacenado*, introducido por Von Neumann.

Si de una calculadora pudiéramos decir que tiene cerebro, *la unidad central de proceso* sería ese cerebro. Es en esta unidad donde la máquina lleva a cabo sus funciones aritmético-lógicas y donde se controla la operación entera de la misma. En la unidad central de proceso ya vimos →[9] que se pueden distinguir dos partes: la *unidad de control* y la *unidad aritmético-lógica*. La función de la unidad de control es tomar las instrucciones, decodificarlas e interpretarlas, y una vez hecho esto, es la unidad aritmético-lógica quien realmente las ejecuta. El primer paso en este ciclo se denomina *fase de instrucción*, y el segundo paso, *fase de ejecución*; la terminación de ambas fases representa un *ciclo de máquina*.

¿Pero qué es exactamente una instrucción? Quizás la mejor manera de visualizar el significado de una instruccion es intentar interpretarla en una calculadora más familiar: la calculadora de bolsillo. Supongamos que tenemos un numero en la memoria de la calculadora y deseamos sumarle un determinado valor. Dependiendo del tipo de calculadora que utilicemos, introducimos el número y pulsamos la tecla SUMAR (+) o viceversa, y el resultado en ambos casos es el mismo: un cálculo muy rápido de la suma correcta. Al pulsar la tecla de



El gran volumen de informacion que trata y genera un ordenador digital requiere unicamente de la atención de un operador que, a traves de las indicaciones que recibe de la unidad central de proceso y de las consolas de entrada y salida, es capaz de controlar el funcionamiento global del mismo



La EDSAC (Electronic Delay Sequence Automatic Calculator), construida en 1946-1949 por M. V. Wilkes en la Universidad de Cambridge (Inglaterra), es el primer ordenador que responde al modelo de calculadora de programa almacenado de Von Neumann.



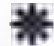
El abaratamiento y miniaturización de los componentes ha dado lugar a la fabricación de calculadoras de bolsillo de gran exactitud. En la imagen se puede observar a un astronauta manejando una de estas, la HP-65, que es una calculadora programable mediante tarjetas magnéticas.

SUMAR, lo que ocurre es que a los dos números en cuestión se les hace pasar a través del circuito de suma. En este caso, cada tecla funcional del calculador de bolsillo representa las instrucciones del repertorio clásico que posee la calculadora.

Sobre la calculadora, cada acción (instrucción) lleva consigo dos pasos distintos por parte de la persona que utiliza la máquina: primeramente hay una «tarea de decisión» (¿qué debo hacer a continuación?), análoga a la función de la unidad de control de la unidad central de proceso; después viene una «fase de acción» (pulsar la tecla adecuada), que es análoga a la función que realiza la unidad aritmético-lógica.

Realmente un ordenador digital no opera pulsando teclas, aunque su funcionamiento obedece a los mismos principios. Más que utilizar teclas, un ordenador utiliza *instrucciones*. El formato de una instrucción es muy simple y preciso: consiste en un *código de operación** , que dice a la máquina qué es lo que hay que hacer (sumas, restas, comparaciones, etc.), y una serie de *operandos* que le indica sobre quién hay que operar, suministrando informaciones sobre dónde se puede encontrar un dato en memoria, o dónde hay que colocar un resultado en memoria, etcétera.

Un *programa* para el ordenador es simplemente una serie de estas instrucciones almacenadas en su unidad de memoria. La unidad de control comunica con la memoria, toma una de estas instrucciones y la decodifica. El código de operación de la instrucción le dice a la máquina qué hacer, y los operandos, sobre quién tiene que trabajar. Después de decodificar la instrucción, la unidad de control transfiere el control a la unidad aritmético-lógica, que es quien la ejecuta, repitiéndose este ciclo sobre la próxima instrucción.



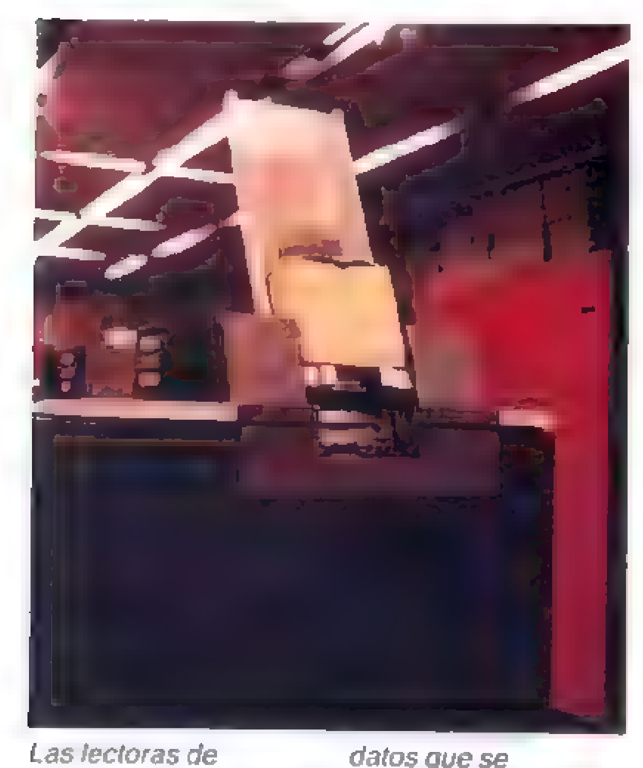
Código de operación: conjunto de símbolos y claves en que se expresan las distintas instrucciones que forman un programa.

11/Del problema al programa

El ordenador digital, como el resto de las máquinas, posee evidentes limitaciones. La primera de ellas reside en el propio catálogo de operaciones posibles que se pueden llevar a cabo con él y que, lógicamente, depende de la construcción del mismo; esto es, cada modelo de ordenador posee por su propia construcción una limitación en cuanto al tipo de operaciones que puede realizar.

Aparte de este punto, que cada vez tiene menor importancia debido al alto grado de tecnología empleado en la fabricación de ordenadores, el problema mayor que presentan los ordenadores digitales reside en la forma en que han de introducírsele las instrucciones para que pueda cumplir con su cometido. En efecto: a pesar de su extrema perfección, el ordenador no es una máquina «inteligente» y, por tanto, no basta con proponerle un problema, sino que hay que indicarle la forma en que lo puede resolver. Esta resolución deberá especificarse en una serie de pasos elementales sucesivos, ya que, al ser el ordenador una máquina secuencial –esto es, en ningún caso puede realizar más de un paso a la vez–, sólo así podrá seguir las instrucciones que se le propongan.

Una vez desglosada la resolución del problema en una serie de pasos elementales que forman lo que se denomina un *algoritmo*, el siguiente problema que plantea la utilización del ordenador es la traducción de este conjunto de órdenes a un lenguaje



Las lectoras de tarjetas perforadas van haciendo pasar estas a gran velocidad por un sistema que transforma las perforaciones en los impulsos eléctricos que constituyen los datos que se suministran al ordenador

La tarjeta perforada de Hollerith

Las primeras codificaciones de información destinadas a ser interpretadas por una máquina se basaron en la utilización de tarjetas perforadas. La razón de este uso se encuentra en que, en ellas, los diferentes datos pueden aparecer de una forma similar a la establecida en el código binario al poseer cada uno de los puntos de la tarjeta dos únicas posibilidades: perforado o no perforado.

Una de las tarjetas perforadas que aún se usa en la actualidad consta de ochenta columnas y doce filas. En el código normal que se denomina *código Hollerith*, en honor al descubridor de esta forma de comunicación hombre-máquina, la perforación de agujeros en cada columna significa un carácter determinado. Esta perforación se realiza por medio de unas máquinas especiales en las que el perforista, mediante la combinación de filas y columnas, produce en cada ficha un código que suele representar un dato o una instrucción.



Los ordenadores actuales utilizan, para almacenar datos e instrucciones, discos magnéticos compuestos por una serie de bandas concéntricas llamadas pistas en las que se almacena una serie de registros. Un disco puede contener de 100 a 400 pistas

nador o bien puede quedar almacenado en otro lugar en forma de fichas perforadas o cintas magnéticas que, en el momento en que nos interese, se introducirán en el sistema de entrada del ordenador para que éste comience su proceso de cálculo. También, en ocasiones, no es un programa completo el que queda almacenado en estas cintas, sino partes de un programa que, por sus características específicas, pueden ser utilizadas posteriormente formando parte de otro programa diferente.

que la máquina sea capaz de entender. Esta «traducción» se realiza en dos pasos distintos: primeramente, el algoritmo elaborado, en el que aparecen secuencialmente las distintas operaciones que la máquina ha de realizar, se especifica en lo que se denomina un *lenguaje de programación* [15], que expresa el algoritmo en una serie de códigos que varían de unos tipos de lenguaje de programación a otros; el segundo paso es traducir el programa expresado en lenguaje de programación a una forma comprensible por la máquina *–lenguaje máquina–*, en el cual tanto los datos como las instrucciones que forman el programa se transforman en una serie de números (en el caso de los ordenadores digitales, se trata de una larga lista de ceros y unos [16]). Llegados a este punto, se puede decir que ya tenemos el *programa*, que, al ser ejecutado por la máquina, dará la solución al problema propuesto.

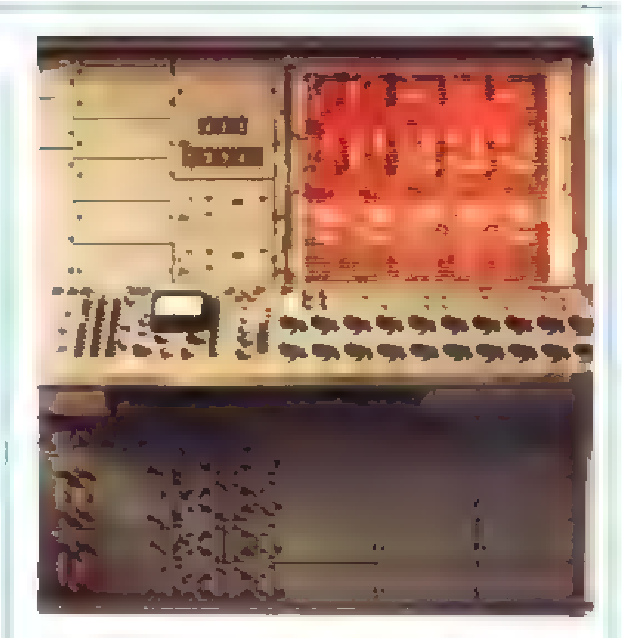
Este programa puede almacenarse directamente en la memoria del orde-

Calculadoras analógicas

Además de las calculadoras digitales existen otra clase de dispositivos de cálculo que se denominan *calculadoras analógicas*. La diferencia entre ambas se puede concretar en los siguientes términos

En primer lugar, los ordenadores son máquinas de naturaleza discreta que calculan directamente sobre números, mientras que una calculadora analógica opera con magnitudes físicas de carácter continuo –presión, temperatura, tensión, corriente, rotaciones de ejes, longitudes, etc.– que representan, mediante analogía, a los números. Por ejemplo, un surtidor de gasolina contiene una calculadora analógica que convierte el caudal del combustible en dos medidas –el precio de la gasolina extraída y la cantidad en litros de la misma–. Las calculadoras analógicas más utilizadas son las de tipo electrónico, que utilizan como módulo básico el *amplificador operacional*; la magnitud física que se toma para la analogía es la tensión

En segundo lugar, los ordenadores son máquinas, según hemos visto, de *propósito general*, es decir, cambiar la tarea lleva consigo únicamente cambiar el programa que la máquina habrá de ejecutar. Por su parte, las calculadoras analógicas son máquinas de *propósito especial*, es decir, se



diseñan teniendo presente un tipo particular de trabajo

Finalmente, y como tercera característica distintiva, un ordenador es una máquina fundamentalmente de *serie*, es decir, un programa se ejecuta secuencialmente instrucción a instrucción. Por el contrario una calculadora analógica es esencialmente de tipo *paralelo* en su funcionamiento, es decir, todas sus unidades operan de forma concurrente para la resolución de un problema

12/¿Qué es un algoritmo?



En el paso del problema al programa interviene en primer lugar el analista, que se encarga de definir el algoritmo de resolución, y el programador, que traduce dicho algoritmo al lenguaje adecuado a la aplicación de que se trate

Supongamos que queremos resolver mediante un ordenador un problema simple, como, por ejemplo, conocer si el numero 7.321 es un número primo*. Este problema, tal y como lo hemos planteado, estaría claro para una persona, pero no para un ordenador, ya que, recordemos, no se trata de una máquina «inteligente», es decir, «no sabe qué hay que hacer» para averiguar si un número es primo o no.

La siguiente operación podría ser «decir» al ordenador qué es lo que debe hacer para resolver el problema propuesto. Es decir, dar a la máquina una orden como la siguiente: «divide el número 7.321 por todos los numeros enteros menores que 7.321 y averigua si alguna de estas divisiones es exacta». Evidentemente la orden es ya mucho más clara; sin embargo, tampoco en este caso sería entendida por la máquina, ya que, como vimos, ésta es de tipo secuencial y por tanto necesita recibir órdenes dadas con un ritmo y un orden determinados.



Algoritmos culinarios

El término *algoritmo* no está unido, como podría pensarse, a procesos científicos mas o menos complejos, sino que en muchas ocasiones utilizamos algoritmos específicos sin saber que lo estamos haciendo. Este es el caso de un cocinero o cocinera que sigue al pie de la letra una receta destinada a la elaboración de un plato. Como comprobación, veamos una receta de cocina cualquiera que tendría que seguir un cocinero o cocinera que quisiese elaborar unas albondigas de queso *roquefort*. Para realizar este plato, habría que seguir los siguientes pasos

- *Primer paso:* aplastar y mezclar con un tenedor mantequilla y queso *roquefort* a partes iguales hasta que los dos elementos se incorporen el uno al otro
- *Segundo paso.* dejar reposar la mezcla en un sitio frío, hasta que se endurezca
- *Tercer paso* formar con la pasta endurecida pequeñas bolitas del tamaño de una nuez
- *Cuarto paso:* pasar las bolitas construidas por un plato grande lleno de pan rallado
- *Quinto paso.* colocar las albondigas en forma de pirámide en un plato y mantenerlas en el refrigerador hasta el momento de servirlas

Como se puede observar, esta receta de cocina no es mas que una forma de algoritmo, ya que cumple todas las características que han de tener estos: por un lado, se trata de una serie de instrucciones muy concretas que en ningun caso presentan ambiguedad, y por otro, aparecen expresadas de una forma secuencial con un numero finito de pasos elementales

Un conjunto de acciones de este tipo debería ser entonces de la siguiente forma:
a) Divide el número 7.321 por 2.
b) Si la división es exacta, para; si no, continua.
c) Divide el número 7.321 por 3.
d) Si la división es exacta, para; si no, continua, etc., etc.

Un procedimiento de resolución como el anterior, en el que las diferentes instrucciones están dadas paso a paso, recibe el nombre de *algoritmo*.



Las lavadoras automáticas son unas típicas máquinas secuenciales, ya que ejecutan para el lavado una serie de pasos consecutivos, de tal forma que nunca pueden realizar dos al mismo tiempo

Un algoritmo es entonces algo así como una receta de cocina que está formada por una serie de instrucciones consecutivas que, en caso de seguirse, nos llevan al resultado final deseado.

La elaboración de un algoritmo para la resolución de un problema tan fácil como el propuesto en el ejemplo es una tarea relativamente sencilla; sin embargo, al aumentar la dificultad del problema, la complejidad del algoritmo necesario para su resolución aumenta también de forma espectacular, más cuando lo que sí es claro es que no existe ningún algoritmo que permita obtener algoritmos, y esta dificultad radica básicamente en que, como característica propia de todo algoritmo, éste debe estar formado por un número finito de pasos, cada uno de los cuales debe significar una acción perfectamente definida.

El algoritmo del problema es una de las partes más importantes para la resolución del mismo mediante un ordenador, ya que en él se encuentran las instrucciones que, al expresarse primeramente en lenguaje de programación y más tarde en lenguaje máquina, se transformarán en el programa según el cual el ordenador resolverá el problema propuesto.



Numero primo: es aquél que unicamente es divisible por sí mismo y por la unidad

Algoritmos para juegos

Uno de los muchos juegos que depende de la habilidad de los jugadores y no de la suerte es el denominado de «las quince cerillas»

Para comenzar, coloque quince cerillas sobre una mesa. El jugador numero uno toma de una a tres cerillas; a continuación el jugador numero dos toma de una a tres cerillas, que guarda. Este proceso se sigue repitiendo hasta que no quedan mas cerillas, y pierde el jugador que se ve obligado a tomar la ultima cerilla

La cuestion es la siguiente: ¿existe alguna estrategia que haga que el jugador que comienza pueda siempre forzar a su contrincante a tomar la ultima cerilla?

Un analisis del juego demuestra que el jugador numero uno puede obligar al jugador numero dos a tomar la ultima cerilla si realiza las siguientes acciones

Primer movimiento: el jugador numero uno toma dos cerillas

Movimientos sucesivos: si el jugador número dos toma K cerillas ($K \leq 3$), entonces el jugador numero uno toma 4-K cerillas, y así hasta que logre dejar a su oponente la ultima cerilla

Siguiendo este algoritmo, el éxito es seguro



13/Algoritmos y diagramas de flujo

Una de las características básicas que ha de cumplir todo algoritmo destinado a la solución de un problema es su falta de ambigüedad: sus acciones elementales deben estar expresadas de una forma tal que no quede en ellas ninguna posibilidad de duda. Esta premisa hace que los lenguajes naturales –español, inglés, francés, etc.– no sean los más apropiados a la hora de expresar un algoritmo, ya que, en general, todos ellos son poco concisos, de tal forma que ciertas expresiones, fuera de un contexto, presentan un alto grado de ambigüedad.

Para evitar en parte este problema, los algoritmos se suelen expresar en un lenguaje gráfico en el cual todo el proceso aparece como un organigrama. Este método, además de una mayor concisión en la expresión del proceso algorítmico, tiene sobre otros métodos la ventaja de dar una visión global de la estructura básica que posee el algoritmo.

Un organigrama consiste en un gráfico formado por una serie de líneas que conectan entre sí distintas figuras geométricas, cada una de las cuales representa un tipo de instrucción particular. Así, un óvalo representa tanto el comienzo como el fin del algoritmo, un rectángulo indica la existencia de una instrucción cualquiera, y un rombo representa el símbolo de decisión, esto es, el momento en que dentro del algoritmo se pueden tomar dos o más opciones distintas. En el interior de estos símbolos se escribe taxativamente el tipo de orden que cada uno de ellos representa, y la línea que los une viene marcada con una flecha que indica la dirección en que se desarrolla el algoritmo.

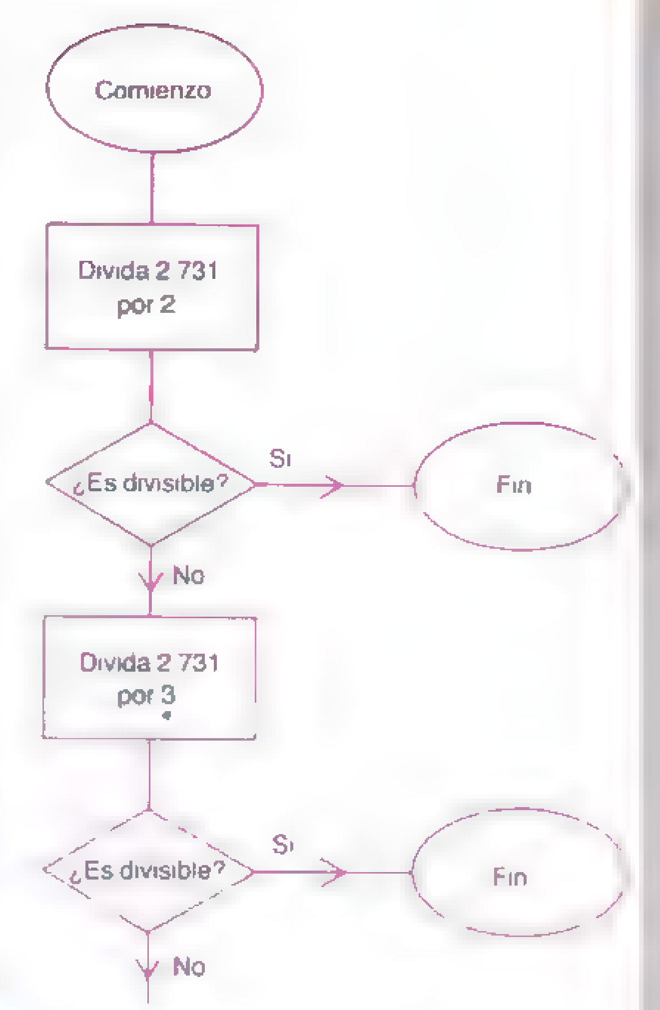
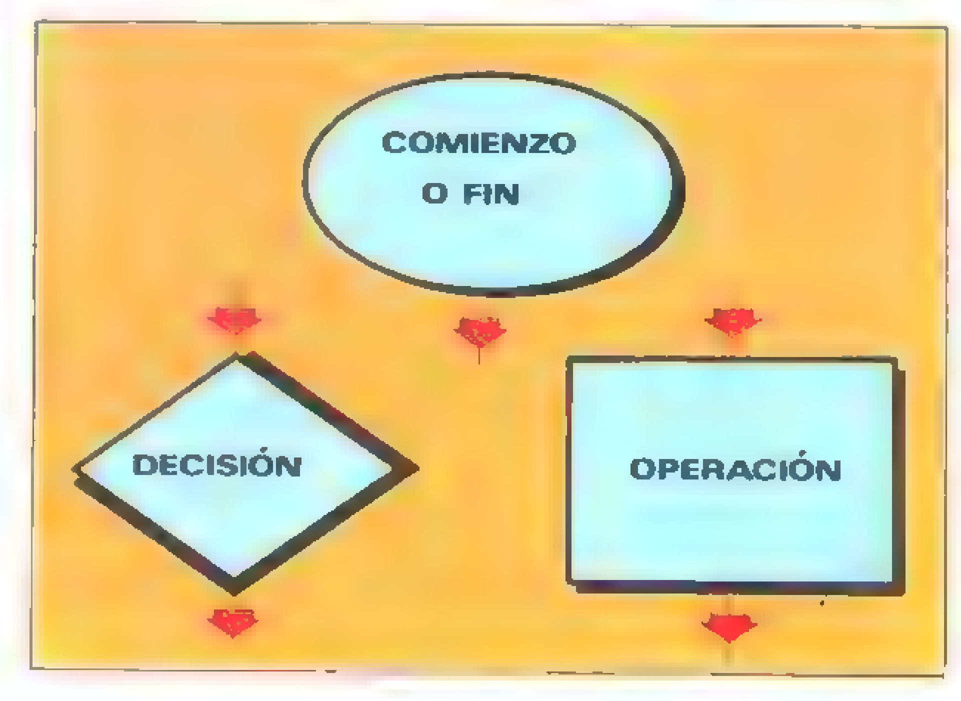


Diagrama de flujo del algoritmo destinado a determinar si el número 2.731 es un número primo. Este algoritmo, aun estando bien definido, es poco eficiente, pues, por ejemplo, si el número no es divisible por 2, ya no es necesario probar con ningún número par

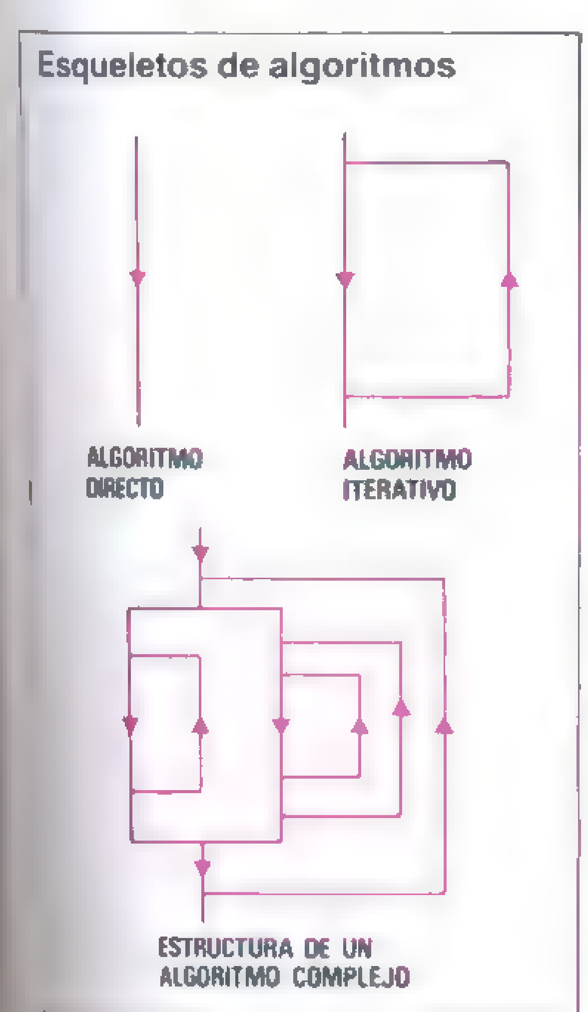


El dibujo muestra los tres símbolos básicos empleados en todo diagrama de flujo, cada uno de los cuales caracteriza un tipo distinto de instrucción

Una de las diferencias esenciales entre este tipo de organigramas, llamados *diagramas de flujo*, y el lenguaje natural con que se pueden expresar también los algoritmos reside en los puntos de ramificación –toma de decisiones– del algoritmo. El lenguaje natural es, por su propia naturaleza, secuencial, lo que implica que, en una

toma de decisiones, siempre una de ellas antecede a la otra, cosa que no sucede cuanto el algoritmo se representa por medio de un diagrama de flujo en el que del punto de decisión parten simultáneamente las dos o más decisiones posibles. Es decir: los organigramas permiten una visión bidimensional del algoritmo, que no existe en el lenguaje natural.

Si suprimimos las distintas figuras geométricas del diagrama de flujo, este adquiere la apariencia de un árbol o grafo que se denomina *esqueleto del algoritmo*, el cual indica de una forma aproximada el tipo de algoritmo empleado.



Comienzo
Afloje los tornillos de la rueda
Saque la rueda de repuesto
¿Está pinchada?
Sí
No
Eleve el coche con el gato
Quite la rueda pinchada
Sustituyala por la de repuesto
Descienda el coche
Vuelva al coche y siga su camino
Llame a un mecánico
¿Va a venir?
No
Desista
Sí
Espere
Pague la reparación
Fin

J M 1625

El diagrama de flujo muestra un algoritmo destinado a solucionar un problema común: el pinchazo de una rueda del coche. Como se puede observar, en él se detallan una serie de pasos elementales que se han de realizar en un orden secuencial. Aunque por razón de extensión no están señalados todos los pasos posibles, cada uno de los marcados significa una instrucción en la que no existe ambigüedad.

14/Algoritmos directos e iterativos

Una por una, las operaciones que es capaz de hacer un ordenador digital son, en general, operaciones simples que cualquier persona medianamente instruida puede realizar también. Las principales características del ordenador son, sin embargo, como ya vimos ←4, su exactitud y rapidez, que le permiten llevar a cabo en tiempos cortísimos un número muy elevado de estas operaciones simples.

Tomemos como ejemplo un cálculo simple de los que típicamente puede realizar con más facilidad un ordenador que cualquier persona: sumar mil números. Para resolver un problema de este tipo, el ordenador no actúa como nosotros, es decir, no sitúa un número tras otro y realiza su suma total, sino que primeramente suma dos de ellos, a este resultado suma el tercero, al total el cuarto y así sucesivamente hasta agotar los números propuestos.

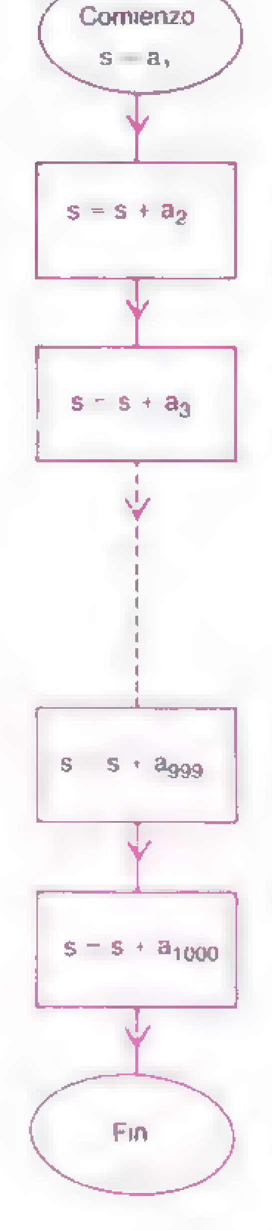
El algoritmo que habría que preparar para que la máquina llevase a cabo una operación de este tipo sería:

a) Suma al primer número (a_1) el segundo (a_2).

b) Al resultado obtenido en a) súmale el tercer número (a_3).

c) Al resultado obtenido en b) súmale el cuarto número (a_4); continuando esta relación hasta que la máquina realizase las mil sumas.

El diagrama de flujo de este tipo de algoritmo, que recibe el nombre de *algoritmo directo*, sería:

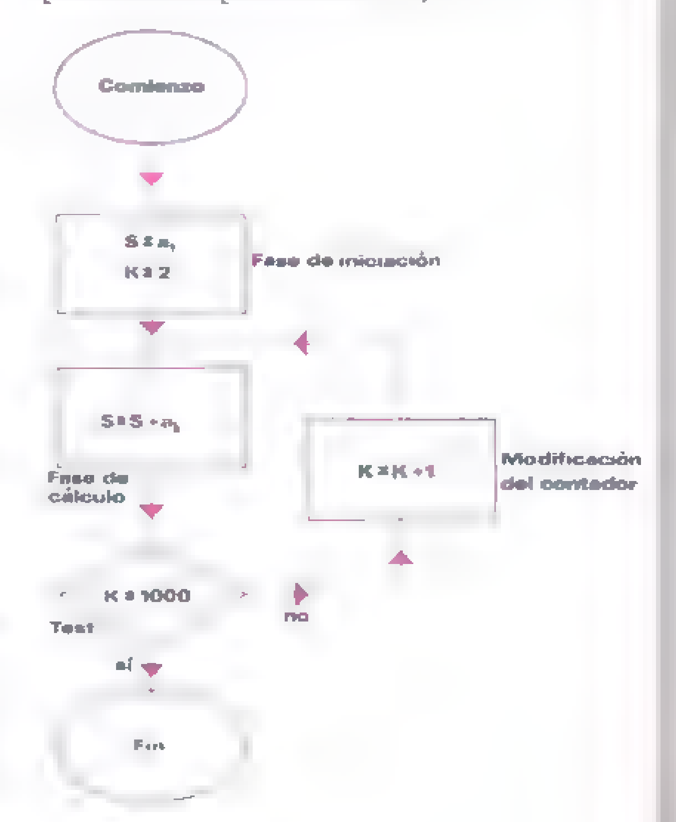


Un algoritmo es directo cuando su desarrollo esta constituido por una serie finita de pasos elementales consecutivos, por lo cual el esqueleto del diagrama de flujo correspondiente al mismo consiste unicamente en una línea recta. En el esquema se muestra el diagrama de flujo correspondiente al algoritmo directo aplicado para lograr la suma de mil numeros, compuesto por mil ordenes consecutivas

Como se puede observar, un algoritmo de este tipo, bastante frecuente en los ordenadores, presenta una característica muy especial: la iteración; esto es, la repetición continuada de una misma instrucción. Esta circunstancia obliga a la máquina a almacenar en su memoria un elevado número de instrucciones –aunque sean del mismo tipo– y de datos, por lo que es interesante en casos como este introducir un concepto de algoritmo que, si en principio puede parecer más complicado, resuelve con facilidad este tipo de problemas: los algoritmos iterativos.

Este tipo de algoritmos, además del punto inicial y final, esta formado únicamente por un conjunto de instrucciones elementales, un *test* que indica cuándo ha acabado el proceso, y una nueva variable, llamada *contador*, que se va incrementando en cada iteración hasta que alcanza un valor que indica cuándo debe acabar el proceso.

Utilizando este tipo de algoritmo, el problema de la suma de mil números vendría representado por el siguiente diagrama de flujo:



que significa que el proceso comienza con un valor para el contador de k = 2, de tal forma que la primera operación elemental realiza la suma $a_1 + a_2$. Como el valor del contador no es 1.000 como indica el *test*, el valor de *k* cambia a *k* + 1, es decir, 2 + 1 = 3, siendo la próxima operación la suma anterior más a_3. Este proceso continua hasta que *k* alcanza el valor de 1.000, momento en el cual el algoritmo termina.

Es importante señalar que en informatica el signo = no tiene el mismo sentido que en matemáticas (donde, evidentemente, la expresión k = k + 1 es falsa), sino un sentido de «sustituir por».

La utilización de algoritmos iterativos reduce considerablemente la extensión del algoritmo, y por tanto de la programación; baste pensar que, utilizando este tipo de algoritmos, la suma de 10.000 números, por ejemplo, se calcula por medio de un algoritmo similar al anterior, solo que cambiando en el *test* la cifra de 1.000 por 10.000, mientras que en un algoritmo directo sería necesario escribir 10.000 pasos diferentes.

En contra del uso de algoritmos de este tipo se puede aducir que, para una sola instrucción que la máquina ha de realizar en un algoritmo directo –sumar dos números–, con un algoritmo iterativo ha de hacer cuatro –sumar dos números, sumar un número al contador, realizar una comparación, y una ruptura de la secuencia–, lo que se traduce en un mayor tiempo de cálculo; sin embargo, de forma general, todos los problemas complejos se programan mediante algoritmos iterativos.


Una cadena de montaje es un proceso típicamente secuencial en el que en cada paso de la misma se realiza una operación determinada. Para el operario su tarea resulta un proceso iterativo, ya que tiene que repetir la misma función continuamente.

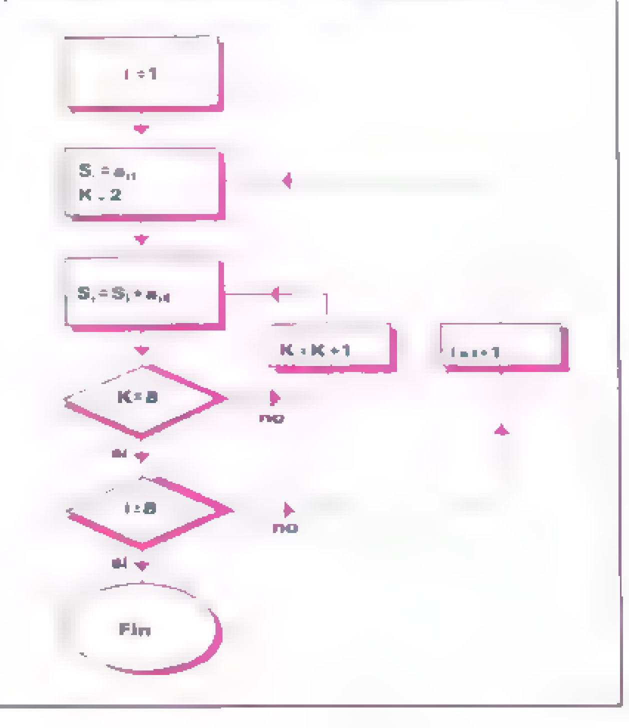
Algoritmos doblemente iterativos

La iteración es un concepto básico en la elaboración de todo algoritmo, hasta el extremo que en muchos problemas no se presenta una única vez sino varias veces dando lugar a algoritmos doblemente iterativos, triplemente iterativos, etc.

Para comprender mejor estas iteraciones múltiples, tomemos como ejemplo un algoritmo destinado a sumar ocho filas diferentes de números, compuesta cada una de ellas por diez números. Para realizar un proceso como este, tendremos primeramente que elaborar un algoritmo que nos sume los números $a_{1,1}, a_{1,2}, ..., a_{1,10}$ que forman la primera fila, algoritmo que será de tipo iterativo como los vistos hasta el momento. Una vez elaborada esta suma, habrá que sumar los números $a_{2,1}, a_{2,2}, ..., a_{2,10}$ que forman la segunda, y tras estos, los números $a_{3,1}, a_{3,2}, ..., a_{3,10}$ que forman la tercera.

Como se puede observar, el algoritmo destinado a resolver este problema presenta una doble iteración: en primer lugar la que supone sumar los números de una línea, y en segundo, la correspondiente a la suma de las distintas líneas. El diagrama de flujo de tal algoritmo será como el que aparece en la figura, que por su forma recibe el nombre de *algoritmo anidado*.

Este proceso iterativo se puede producir más de dos veces, dando lugar a algoritmos cada vez más complejos pero en los que aparecen dos únicos tipos de instrucciones: operaciones y pruebas, lo que facilita sin duda la labor del ordenador.



15/Lenguajes de programación

La gran mayoría de los ordenadores es de *propósito general* o *universal*: esto significa que se pueden usar para muchas tareas distintas con solo cambiar el programa. En contraposición con estos, otros ordenadores son de *propósito especial*, lo que significa que sus circuitos tienen una estructura particular que les hace ser aptos para un tipo de tarea concreta.

Estos dos tipos de máquinas plantean la diferencia entre el *hardware* o soporte físico de un ordenador, que es el conjunto real de circuitos con que viene de fábrica, y el *software* o soporte lógico, que consiste en los programas escritos para un determinado ordenador.

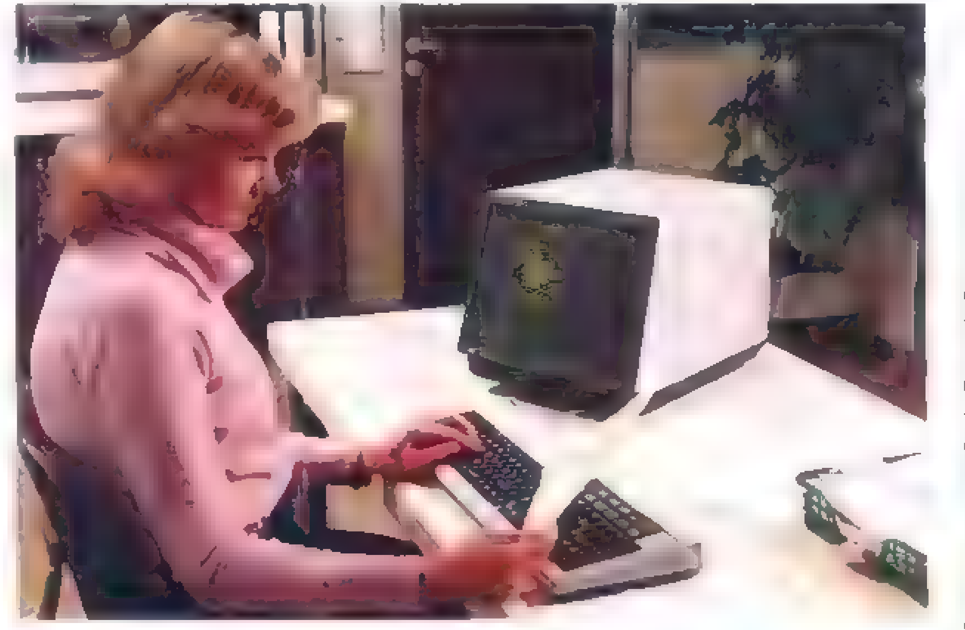
Surge así una pregunta importante: ¿Cuándo se puede usar el *software* escrito para un ordenador con el *hardware* de otro ordenador? Un ordenador de propósito universal está diseñado con un *hardware* que permite que la máquina «entienda» los programas escritos en un lenguaje especial de programación que se llama *lenguaje máquina*. Si se especifica de forma precisa en lenguaje máquina cómo hay que realizar una tarea paso a paso, el ordenador seguirá perfectamente esas instrucciones. Los ordenadores de los distintos fabricantes (e incluso para un mismo fabricante, los que pertenecen a distintas líneas) están desarrollados con lenguajes máquina diferentes.



Un reloj digital puede considerarse como un ordenador de propósito específico, ya que toda su maquinaria está destinada a un único fin, que es la medida del tiempo, si bien el reloj que aparece en la imagen está dotado también de una calculadora

Generalmente, al ser humano le resulta muy tedioso expresar en lenguaje máquina cómo hay que hacer una tarea, y es por ello que los especialistas en informática han desarrollado los *lenguajes de alto nivel*. Son lenguajes de programación –no lenguajes naturales– que están pensados para que a las personas les resulte mucho más fácil expresar paso a paso cómo hay que realizar una tarea. Como el *hardware* del ordenador sólo puede manejar directamente el lenguaje máquina, se necesitará disponer de un «profesor especial» llamado *traductor*. Cuando al ordenador se le suministra un programa escrito en un lenguaje de alto nivel, puede utilizar el traductor para construir un programa en lenguaje máquina. Los traductores [17]→ son una parte del *software* del ordenador.

Hay un punto interesante en todo esto, al menos desde el punto de vista del usuario de un ordenador, y es el siguiente: el ordenador requiere un lenguaje máquina para ejecutar los



Cuando las tareas a realizar son más complejas, se utilizan máquinas de propósito general capaces de realizar e interpretar varios programas diferentes, aunque en casos particulares, como el del ordenador de una agencia de viajes que aparece en la fotografía, ejecuten normalmente un solo programa

programas de alto nivel que se le den, pero, y esto es lo importante, ¡no hay porqué saber el lenguaje máquina para poder escribir programas útiles en lenguajes de alto nivel! A estos lenguajes de alto nivel o evolucionados se les denomina *lenguajes de programación*, que básicamente consisten en un conjunto de reglas que permite expresar un algoritmo de forma que pueda ser entendido por el ordenador. Del mismo modo que existen distintos lenguajes naturales con reglas sintácticas diferentes, también existen distintos lenguajes de programación diseñados fundamentalmente en función del problema que ha de planteársele al ordenador. Así, los científicos y técnicos ven el ordenador como una herramienta destinada a resolver problemas numéricos complejos, por lo que necesitan utilizar un lenguaje de programación que posea una gran flexibilidad para representar expresiones algebraicas; por el contrario, los usuarios de ordenadores con fines comerciales o de gestión de empresas no precisan de este tipo de características del lenguaje de programación, sino que el que utilicen deberá ser capaz de procesar grandes cantidades de datos simples. De esta forma, casi cada una de las aplicaciones posibles del ordenador se encuentra con un tipo de lenguaje de programación que es el más apto para sus fines, por lo que, a pesar de los esfuerzos de unificación realizados, existe en la actualidad un gran número de estos lenguajes, siendo la mejora de los mismos y el desarrollo de otros nuevos una de las áreas más activas dentro de la investigación informática en los momentos actuales.

Lenguajes de programación más usuales

FORTRAN (*Formula Translator*). Se desarrolla a mediados de la década de los 50 por un equipo dirigido por John Backus para la firma IBM.
Es, con mucho, el más popular entre científicos e ingenieros por la gran cantidad de programas de aplicación desarrollados con este lenguaje.

COBOL (*Common Bussines Oriented Language*). A finales de los años 50 el Gobierno Federal de los EE UU impulsa el desarrollo de un lenguaje que sea apropiado para resolver problemas de gestión. En este campo puede decirse que su utilización es casi universal.

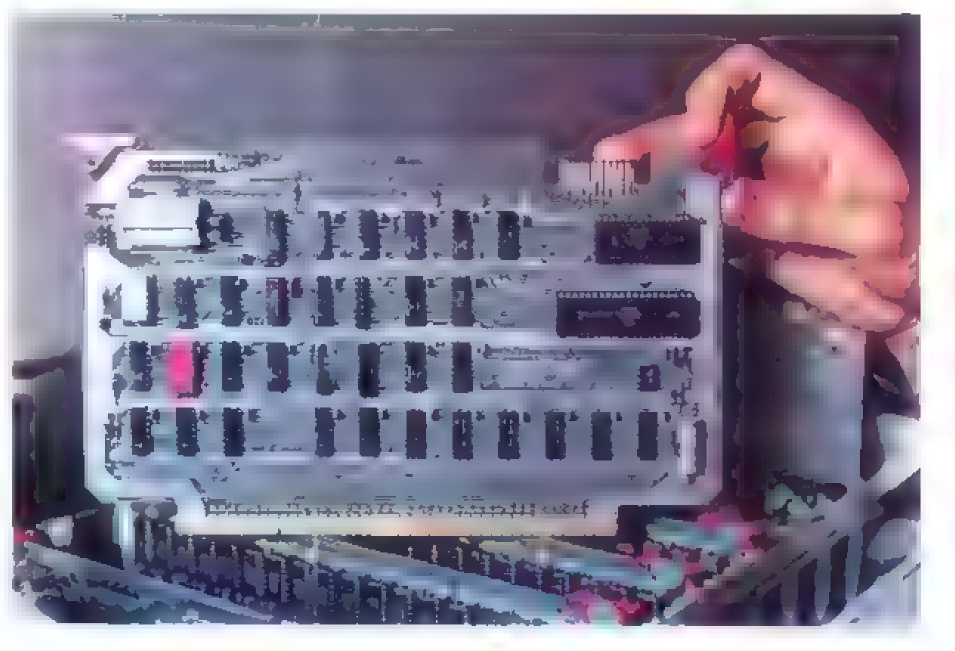
BASIC (*Beginners All-purpose Symbolic Instruccion Code*). En la primera parte de la década de los 60, y en el Darmouth College (EE UU), se lleva a cabo un proyecto para hacer mas accesible y facilitar el uso de los ordenadores a los estudiantes. Fruto de este esfuerzo aparece el BASIC, que, pasados los años, ha ido consiguiendo cada vez mayor popularidad.

PL/I (*Programming Language One*). Desarrollado por IBM para los ordenadores de su serie 360 con el objetivo de satisfacer las necesidades tanto de los usuarios científicos como de gestión. Aunque es un lenguaje de una gran potencia, su uso es relativamente escaso, porque en principio tanto el FORTRAN como el COBOL cumplen de forma satisfactoria las necesidades de sus usuarios.

ALGOL (*Algorithmic Language*). Está fundamentalmente orientado a facilitar la comunicación de algoritmos, y es por ello utilizado por usuarios científicos.

PASCAL. Desarrollado por N. Wirth a mediados de la década de los 70, viene a cubrir el mismo espacio que el ALGOL, con el que guarda una cierta semejanza, pero incorporando nuevas características que le hacen particularmente atractivo. Su uso se ha generalizado de forma extraordinariamente rápida entre la comunidad científica. Sin lugar a dudas está llamado a ser uno de los lenguajes mas populares en el futuro inmediato.

APL (*A Programming Language*). Desarrollado por Iverson, el APL incorpora directamente un gran número de operaciones matemáticas que le hacen muy útil a los usuarios científicos. Su desventaja estriba en que la legibilidad de los programas escritos en APL es poco natural y se hace difícil la depuración de errores cometidos en la programación.



Recientemente han comenzado a aparecer sistemas de desarrollo para microprocesadores de propósito universal cuyo software está preparado para utilizar la mayoría de los lenguajes existentes. En la fotografía, uno de estos sistemas.

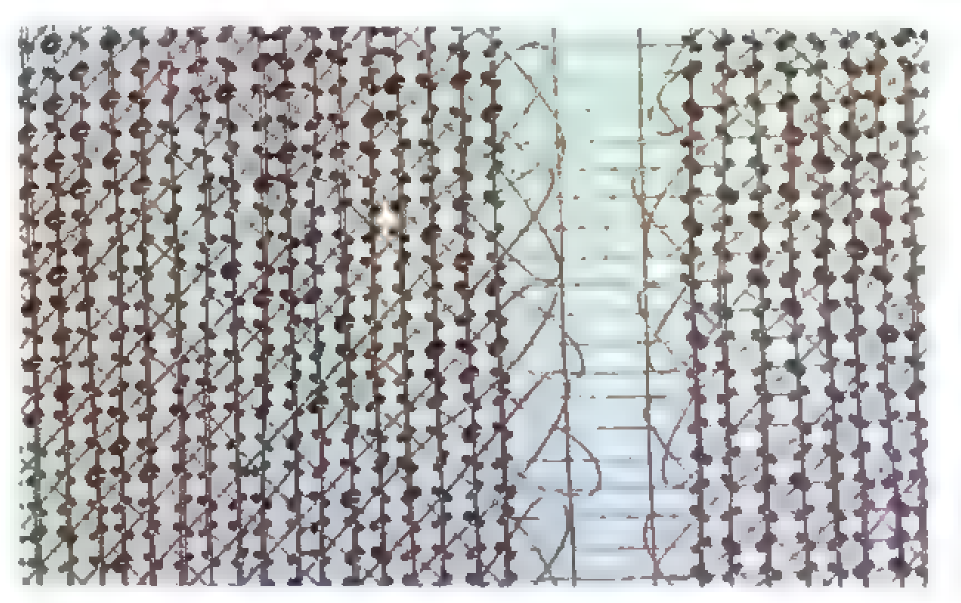
16/La memoria

La unidad central de proceso obtiene su información de la unidad de memoria y, al mismo tiempo, retorna los resultados a esta misma unidad. Existe usualmente un bloque de información que en cualquier operación se procesa hacia o desde la memoria. Este bloque se llama *palabra*. Una palabra puede representar un número que se utiliza en un cálculo numérico o uno o más caracteres de información no numérica. La longitud de la palabra difiere de máquina a máquina. En la mayoría, sin embargo, una palabra consiste en un número determinado de *bits*, siendo las longitudes más usuales entre 8 y 64 *bits*.

Bit es el nombre que se le da a la cantidad de información que está contenida en un número que puede solamente tomar los valores «0» y «1». La palabra *bit* es una contracción de *binary digit* (dígito binario) y quiere significar un dígito que puede tomar uno de los dos valores: «0» ó «1». Aunque las personas normalmente utilizamos dígitos decimales para representar los números, los ordenadores usan de forma casi universal dígitos binarios porque la gran mayoría de los dispositivos físicos que llevan incorporados estas máquinas pueden retener de forma fiable uno de estos dos estados perfectamente diferenciados (por ejemplo: abierto o cerrado, corriente positiva o negativa, magnetización norte o sur).

Una palabra consiste entonces en un número específico de *bits* que el usuario puede utilizar para representar cualquier cosa que desee. Cada *bit* de una palabra de N *bits* puede ser 0 ó 1 independientemente, de manera que una palabra puede tomar uno cualquiera de los 2^N estados diferentes. Estos estados podrían ser, entre otras cosas, números o letras.

En una tarea típica de un ordenador, este tendrá que tratar con muchos miles de palabras. Esto nos lleva a que la unidad de memoria debe almacenar toda esta información digital y debe de existir algún mecanismo que permita recuperarlas cuando lo necesite la unidad central de proceso para continuar un programa.



Memoria de núcleos de ferrita. La corriente que circula a lo largo de los conductores puede ir en los dos sentidos, lo que produce dos posibles estados de inducción magnética, asociados al 0 y al 1

Buscando una cierta analogía, podemos visualizar la memoria como los casilleros de una oficina de correos. Cada propietario tiene una casilla con un número que la distingue de las demás y que es su *dirección*. Esta dirección sirve para identificar a la casilla. De la misma forma cada casilla o *posición* en una memoria tiene un número único asociado con ella y que se llama su *dirección*. Esto sirve para identificar cada posición de memoria y poder así almacenar y recuperar información de la misma. Cada posición puede almacenar una palabra de N *bits*, donde N normalmente es el mismo para todas las posiciones. Así, pues, a la unidad de memoria se le puede pedir que almacene la ristra de *bits* «1100...1» en la posición nº 2037. Posteriormente, si le preguntamos qué tiene en dicha posición, esperaremos que nos responda que «1100...1». En este punto se nos estropea nuestra analogía con la oficina de correos, ya que si el cliente toma el contenido de la casilla 324, entonces dicha casilla se quedará vacía; por el contrario, una posición de memoria nunca puede estar vacía, ya que se trata de un conjunto de elementos físicos que pueden estar en uno cualquiera de sus 2^N ristras de *bits* posibles. Por lo tanto, si se toma el contenido de una posición de memoria, ésta retiene una copia de la palabra; esto, en su caso, no cambia. Así, pues, mayor analogía se da con

un conjunto de conmutadores. Almacenar es equivalente a colocar los conmutadores en posiciones adecuadas para representar la ristra de *bits* que se desea. Leer es equivalente a realizar una copia de las posiciones de los conmutadores sin cambiarlas.

Al hablar de la calculadora con programa almacenado [10] se indicaba ya la coexistencia de datos e instrucciones en la unidad de memoria. Cada palabra de la memoria tiene un número determinado de *bits* que pueden ser la codificación de un dato o de una instrucción. Una cuestión surge inmediatamente: ¿Cómo distingue el ordenador que una palabra es un dato o es una instruccion? En principio, si fuésemos a cualquier posición de la memoria, lo único que veríamos sería una ristra de ceros y unos cuya longitud es la de la palabra que tiene esa memoria, pero no podríamos asegurar, sin más conocimiento que éste, si dicha palabra es una instrucción o un dato. Su distincion radica en la parte de la unidad central de proceso que va a tomar esa información. Si la palabra se transmite a la unidad de control, se interpretará como una instrucción (fase de instrucción); si se lleva a la unidad aritmético-lógica, será tratada como un dato (fase de ejecución).



Memoria de semiconductores Como consecuencia de su mayor rapidez y de que su precio esta muy por debajo del de los nucleos de ferrita han desbancado practicamente a estos ultimos de los ordenadores actuales



Como en los discos en las cintas magnéticas se pueden almacenar programas enteros o elementos de un programa que, en un momento determinado, se introducen directamente en la memoria del ordenador

El sistema binario

Nuestro sistema de numeracion normal es un sistema decimal, es decir, un sistema que utiliza diez números básicos o dígitos, del cero al nueve, de tal forma que cuando se quiere escribir una cifra de diez o más hay que recurrir a la repeticion de estos numeros. Sin embargo, pueden existir otros sistemas de numeración que no sean decimales –en base dos, tres, cuatro, etc.–, que en vez de utilizar los diez numeros utilizan un numero mas reducido de digitos. Veamos entonces como se representan los distintos numeros en estos sistemas de numeracion, y tomemos para ello como ejemplo el sistema binario que usan los ordenadores

En el sistema binario, el cero y el uno estan representados por los mismos digitos que en el sistema decimal, pero, ¿qué ocurre con el numero dos, por ejemplo? Al igual que sucede en el sistema decimal a partir del diez, en el sistema binario a partir del dos habrá que comenzar la repeticion y agrupacion de digitos, por lo que, en este caso, el numero dos se expresara *10*. El numero tres sera *11*, el cuatro *100*, y así sucesivamente. Continuando en esta forma veríamos, por ejemplo, que el numero cuarenta y tres en el sistema binario esta representado por *101011*, o el numero ciento veinte por *1111000*

17/Intérpretes y compiladores

En los primeros anos de la revolución informática, la elaboración de un programa destinado a la resolución de un problema se realizaba directamente en lenguaje máquina, lo que suponía que el programador debía conocer exactamente la estructura del ordenador y designar la dirección de la memoria que había de ocupar cada uno de los datos e instrucciones que formaban el programa. Igualmente, cualquier operación debía detallar de qué lugar de la memoria se tenía que recuperar los datos, qué elemento de la unidad central de proceso habia que emplear y en qué dirección de la memoria se almacenarían los resultados obtenidos.

Conforme se fueron desarrollando los ordenadores y haciéndose más rápidos, se observó que esta forma de programación presentaba graves inconvenientes: fundamentalmente, que al estar adaptado el programa a las características particulares de un ordenador, era imposible trasvasar el mismo a otro ordenador distinto.

Estos inconvenientes dieron lugar a la creación de los lenguajes de programación de alto nivel, en los cuales un programa no iba ya destinado a un ordenador específico, sino que, mediante ellos, el programador expresaba todas las instrucciones de su programa como si fueran destinados a un hipotético ordenador ideal.

El problema residía entonces en que el programa expresado en un lenguaje de alto nivel no se podía introducir directamente en el ordenador, que únicamente entiende el lenguaje máquina, por lo que era necesario introducirle previamente un nuevo programa que fuese capaz de traducir un lenguaje a otro. De esta forma, cuando en la actualidad se desarrolla un nuevo lenguaje de alto nivel para resolver un tipo particular de problemas, un equipo de programadores ha de encargarse de elaborar una serie de programas de traducción para cada ordenador, que enriquecerá el *software* ⤶16 del mismo. Estos tipos de programas se conocen como *intérpretes y compiladores*.



Del mismo modo que dentro del lenguaje natural existen diferentes idiomas con normas distintas que exigen para su comprensión de un proceso de traduccion, un ordenador entiende unicamente un lenguaje especifico en el que han de dársele los datos e instrucciones

A un *intérprete* se le proporciona tanto el programa expresado en un lenguaje de alto nivel como los datos que ha de manejar dicho programa, de tal forma que, secuencialmente, el intérprete traduce las instrucciones del programa una a una, pasando al ordenador tanto las instrucciones como los datos sobre los que han de operar, y no pasándole una nueva instrucción hasta que no ha completado la anterior.

Por su parte, un *compilador* toma el programa escrito en un lenguaje de alto nivel con todas las instrucciones que éste contiene y las traduce, en un proceso que se denomina *fase de compilación*, transformándolo en un nuevo programa, escrito ya en lenguaje objeto. Este programa se transfiere al ordenador, al que se le pasan directamente los datos para que tenga lugar la fase de ejecución del programa.

En un símil que puede aclarar la diferencia entre estos dos tipos de traductores, podría pensarse en un conjunto de instrucciones que alguien nos diese escritas en un lenguaje extraño para nosotros, y que nos servirían, por ejemplo, para encontrar una dirección en una ciudad desconocida. Un intérprete nos iría traduciendo paso a paso cada una de estas instrucciones al mismo tiempo que caminábamos por la ciudad, mientras que un compilador nos traduciría el conjunto de las instrucciones antes de salir a buscar la dirección deseada.



Un programa sencillo

A modo de ejemplo, se incluye un programa escrito en lenguaje FORTRAN destinado a que la máquina sume cuatro números. A la izquierda, el programa se ha elaborado según un algoritmo directo, y a la derecha, empleando un algoritmo iterativo. En la parte inferior aparece el programa en lenguaje objeto que genera el compilador como salida.

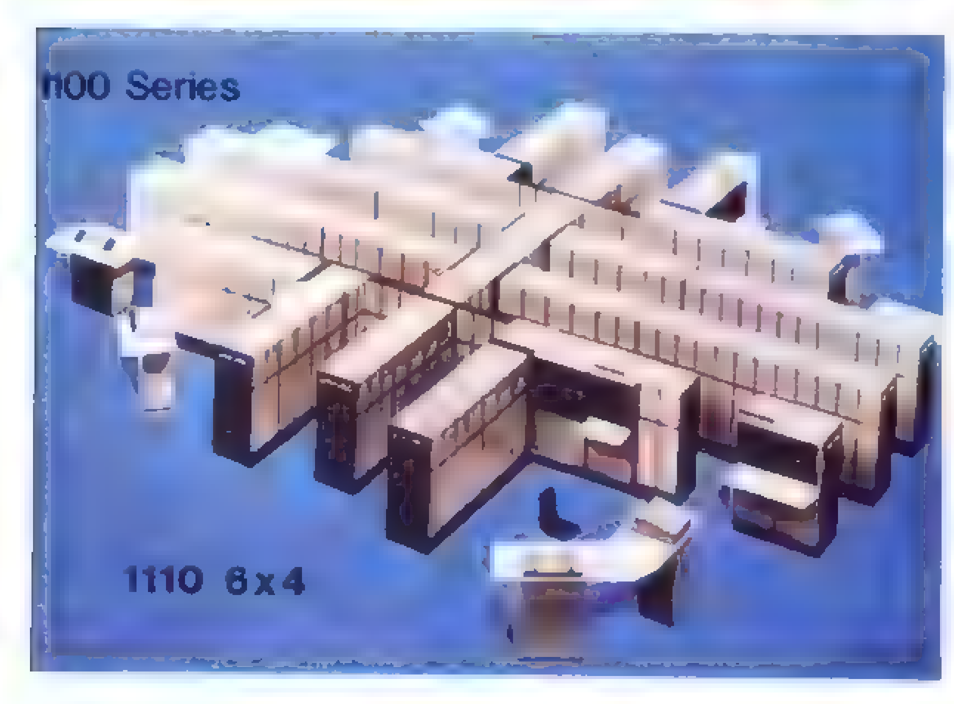
N = 0 N = N + M(1) N = N + M(2) N = N + M(3) N = N + M(4) END	N = 0 DO 10 I = 1,4 N = N + M(I) END
BSS 00004B NOP JSB CLRIO DEF *–2+00003B LDA 00042B STA N LDA 00043B ADA 00044B LDA 0,I ADA N STA N LDA 00045B ADA 00044B LDA 0,I ADA N STA N LDA 00046B ADA 00044B LDA 0,I ADA N STA N LDA 00040B ADA 00044B LDA 0,I ADA N STA N JSB EXEC DEF 00004B+00034B DEF 00047B OCT 000004 BSS 00001B OCT 000000 OCT 000001 DEF 77777B OCT 000002 OCT 000003 OCT 000006	BSS 00004B NOP JSB CLRIO DEF *–2+00003B LDA 00034B STA N LDA 00036B STA I LDA I ADA 00037B LDA 0,I ADA N STA N LDA I ADA 00036B STA I CMA, INA ADA 00032B SSA, RSS JMP 00013B JSB EXEC DEF 00004B+00026B DEF 00040B OCT 000004 BSS 00001B OCT 000000 BSS 00001B OCT 000001 DEF 77777B OCT 000006

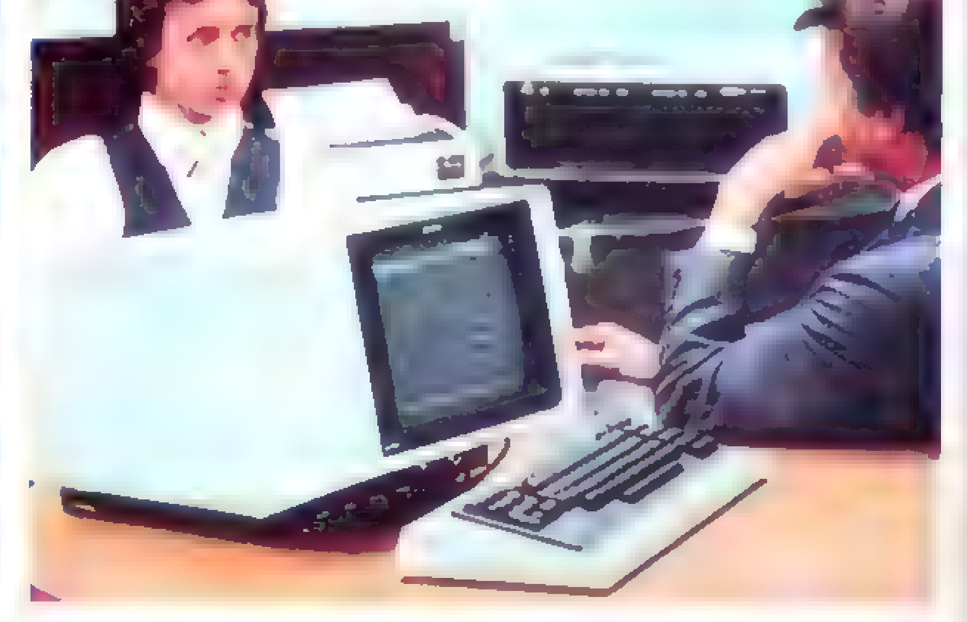
18/¿Por qué se fabrican ordenadores cada vez más pequeños?

Desde su invención, los ordenadores han venido ganando en potencia de cálculo y en velocidad; pero, junto a estas dos características básicas, existe una tercera que en principio no parece tener una relación directa con las anteriores, y cuyo progreso es sin embargo casi más evidente: el tamano de los ordenadores. De las primeras máquinas, que ocupaban grandes salas y pesaban toneladas, a los microprocesadores, que, con una potencia de cálculo similar a estos «monstruos», pueden guardarse en la palma de la mano, media un abismo. Pero, ¿por qué esta reducción de tamaño?: ¿se trata simplemente de un reto técnico, o de un simple sistema para aumentar las ventas? La respuesta es clara: la reducción de tamaño de un ordenador no es un simple capricho, sino un método para aumentar la velocidad de cálculo de los mismos.

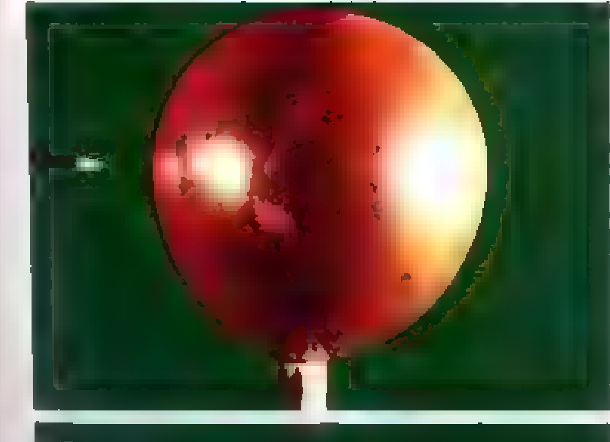
Los ordenadores actuales operan en el rango del nanosegundo ⁴, lo que significa que pueden ejecutar una instrucción en unos pocos nanosegundos. La electricidad recorre en el interior del ordenador los conductores que unen unos componentes con otros a la velocidad de la luz –300.000 km por segundo–, lo que significa que en un tiempo de un nanosegundo la electricidad recorre aproximadamente 30 cm; luego al disminuir el tamaño de los ordenadores lo que en realidad estamos haciendo es aumentar la velocidad de cálculo del mismo, ya que las diferentes instrucciones llegan con más rapidez a su destino

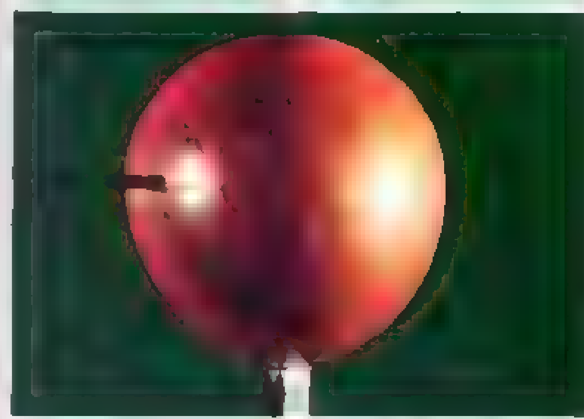
Esta continua lucha para lograr una mayor velocidad de cálculo nos lleva a otra pregunta: ¿podemos en realidad utilizar tal velocidad? Para un técnico la respuesta es relativamente simple: sí, siempre que proporcionemos a la

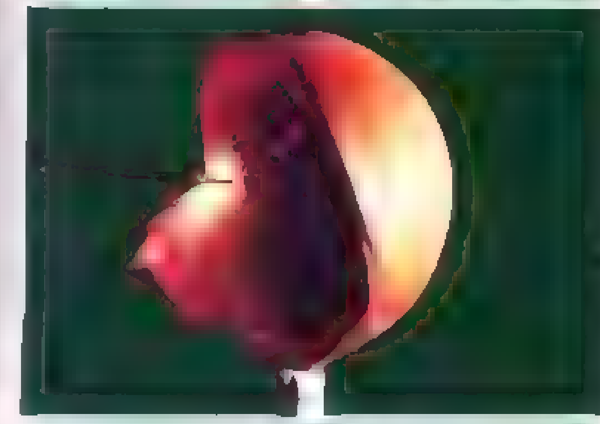




El progreso en cuanto a la miniaturización de los ordenadores ha sido espectacular; para comprobarlo, basta con comparar estas dos fotografías A la izquierda, un enorme ordenador fabricado por UNIVAC que, a pesar de su tamaño, posee una velocidad de cálculo mucho menor que el microordenador de la misma marca que aparece en la fotografía de la derecha, poseyendo ambos una potencia de cálculo similar









Estas espectaculares fotografías han sido tomadas con cámaras que disparan en períodos tremendamente cortos, que son, sin embargo, miles de veces superiores al nanosegundo

máquina suficientes datos como para tenerla ocupada todo el rato. Esto, sin embargo, no siempre ocurre.

En efecto, veamos con un ejemplo el grado de *desocupación* en que normalmente tenemos a un ordenador, y para ello pensemos en un programa que consista en «leer» un dato de una tarjeta perforada, dato que obliga a la máquina a ejecutar cien instrucciones cuyo resultado escribe posteriormente en un terminal de salida.

Una lectora de tarjetas perforadas puede leer unas diez tarjetas por segundo, por lo que la lectura de la tarjeta de nuestro ejemplo tardará en realizarse 0,1 segundos. Si estamos operando con un ordenador del rango del microsegundo –mil veces más lento que uno de los ordenadores actuales–, las cien instrucciones tardarán en realizarse 0,0001 segundos. Por último, una impresora de salida puede escribir unas 1.200 líneas por minuto, lo que supone que empleará unos 0,05 segundos en escribir la respuesta a nuestro problema. Resulta entonces que en el conjunto de la operación se han empleado 0,1501 segundos, en los cuales el ordenador ha estado en funcionamiento sólo 0,0001 segundos. Esto significa que si tenemos nuestro ordenador funcionando durante diez horas al día, no llegaría a veinticuatro segundos el tiempo que el ordenador estaría procesando datos, siendo empleado el resto del tiempo en funciones de entrada y salida del ciclo, durante las cuales la unidad central de proceso del ordenador, en la cual se realizan los diferentes cálculos, está *sin hacer nada*.



Las impresoras son las unidades de salida del ordenador más frecuentes, ya que suministran información sobre los resultados de una forma permanente y legible directamente. Dentro de la gama existente de impresoras, las hay de caracteres que imprimen línea a línea, y las que imprimen página a página

Esta es, sin duda, una de las cuestiones que más preocupan en la actualidad y a la cual se han dado múltiples soluciones.

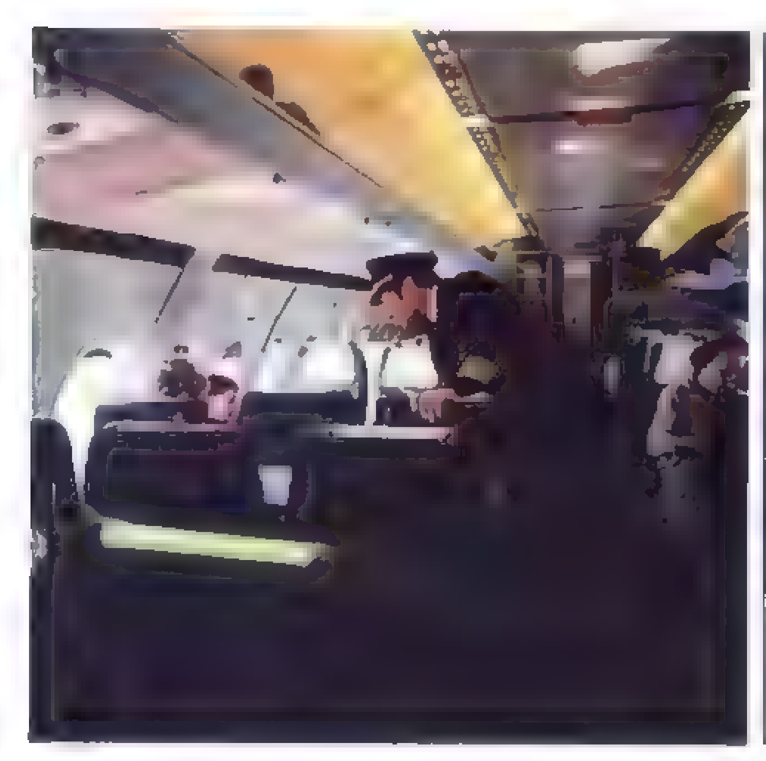
19/Multiprogramación: una solución al «problema» de la velocidad

La creación de ordenadores que trabajan en tiempos del orden del nanosegundo ha planteado el problema de la búsqueda de métodos que permitan un aprovechamiento al máximo de tan alta velocidad. Como dijimos ◄18, la solución a tal problema es, en teoría, sencilla, ya que consiste únicamente en suministrar a la máquina datos suficientes como para que esté el mayor tiempo posible en funcionamiento. Esto se logra gracias a la *multiprogramación*.

Esta técnica consiste en introducir dentro de la memoria del ordenador no un solo programa, sino varios –en ciertos ordenadores actuales pueden coexistir en la memoria más de veinte programas al mismo tiempo–. En estas circunstancias, el ordenador actúa como esos maestros de ajedrez capaces de mantener una partida simultánea con un número elevado de contrincantes: el maestro va pasando por cada tablero y haciendo un movimiento, de tal forma que cuando ha dado una vuelta completa retorna al primer jugador, que probablemente habrá desarrollado ya su propio movimiento.

Del mismo modo, supongamos que en la memoria de un ordenador con capacidad de multiprogramación coexisten tres programas: A, B y C. La unidad central de proceso comienza ejecutando el programa A; unos microsegundos más tarde es probable que dicho programa requiera una entrada o salida de datos, lo que supone que el programa se coloca en un *estado de espera*. En ese momento, esta unidad central de proceso traslada su atención al programa B hasta que también éste necesite una operación de entrada o salida de datos, momento en el cual la unidad central de proceso toma el programa C. Cuando este último programa se pone en un

La desocupación parcial de cualquier medio, sea un tren, un avión o un ordenador, eleva considerablemente los costes del mismo



Igual que un ordenador multiprogramado, el maestro de ajedrez durante una partida simultánea, atiende el juego en diferentes tableros



estado de espera, probablemente el programa A haya terminado ya con su entrada y salida de datos, con lo que de nuevo puede pasar a ejecutarse.

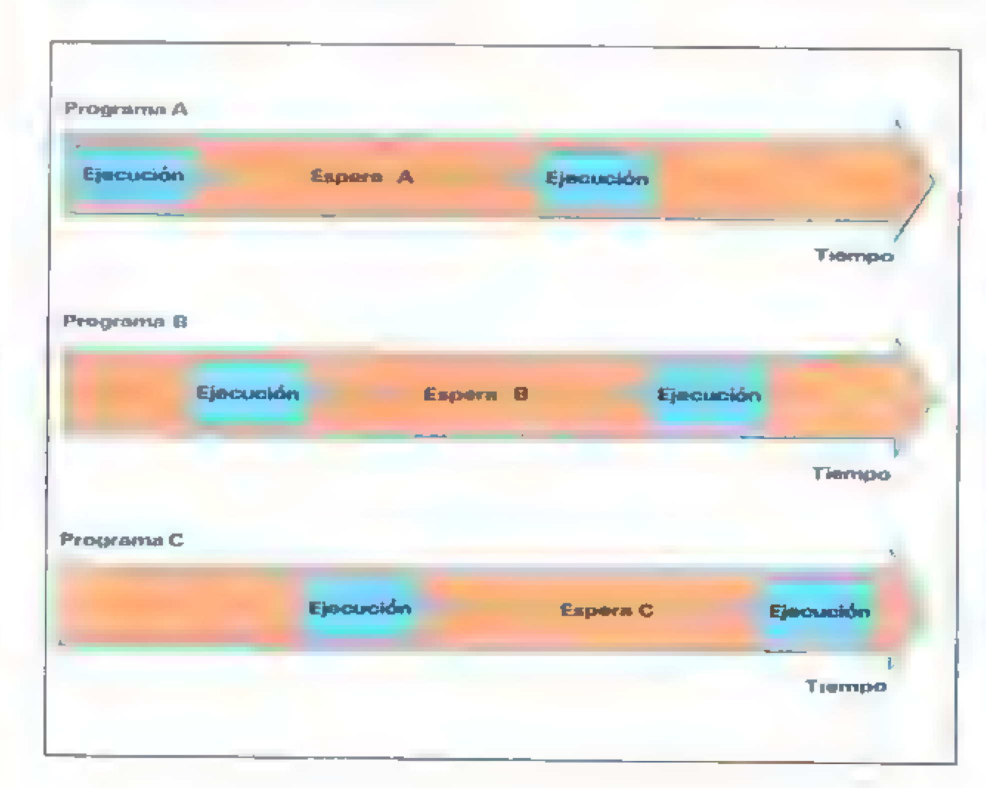
Conviene aclarar que la unidad central de proceso nunca puede estar realizando al mismo tiempo dos programas diferentes, sino que éstos van pasando por ella de una forma secuencial.

No es correcto decir que multiprogramación signifique ejecutar algunos programas al mismo tiempo o simultáneamente. Como el maestro de ajedrez que juega una partida de simultáneas, el ordenador (más específicamente su unidad central de proceso) efectúa la multiprogramación conmutando su atención de un programa a otro. La palabra *concurrente* se utiliza algunas veces para describir actividades de este tipo.

Aunque las palabras *simultáneo* y *concurrente* parece que son sinónimas, existe una diferencia muy sutil de significado entre ambas, al menos cuando se utilizan dentro del contexto informático. *Simultáneo* quiere decir «en el mismo instante de tiempo»; una unidad central de proceso no puede ejecutar dos o más programas simultáneamente. Por su parte, *concurrente* significa «en el mismo período de tiempo»; una unidad central de proceso puede ciertamente ejecutar dos o más programas concurrentemente.

Las ventajas de la multiprogramación son obvias: se pueden ejecutar más programas en el mismo espacio de tiempo, y, como el coste del ordenador es fijo, esto significa que podemos efectuar más trabajo por la misma cantidad de dinero. Pero ¿cuál es el precio que pagamos por esta ganancia?

La multiprogramación origina nuevos tipos de problemas. Éstos tienen lugar a causa de los conflictos que son inevitables siempre que intentamos hacer demasiadas cosas al mismo tiempo; por lo que necesitamos un cierto orden que impida que cometamos un error.



Representación esquemática del proceso de multiprogramación, en el que se puede observar cómo el ordenador atiende a tres programas diferentes A, B y C, aprovechando para ello los tiempos de espera que requieren cada uno y pasando de uno a otro hasta que, de nuevo, vuelve a tomar el programa inicial



Durante la década de los sesenta, las memorias de discos se introdujeron para sustituir a las de cintas magnéticas, fundamentalmente por su mayor rapidez para transmitir a la memoria datos durante los procesos de multiprogramación, con lo que la máquina era capaz de asistir a un número mayor de programas

20/La necesidad de un «sistema operativo» en un sistema informático

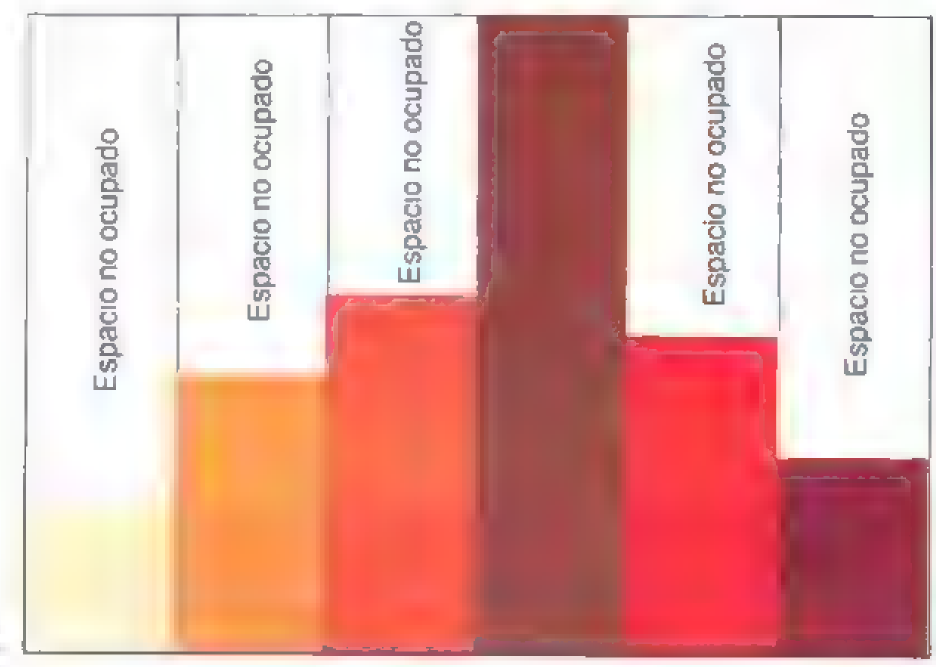
Supongamos un ordenador multiprogramado que tiene en su memoria dos programas, A y B, de tal forma que, estando en ejecución el programa A, éste necesita una operación de entrada o salida de datos. La unidad central proporciona los recursos necesarios para esta operación y traslada su atención al programa B, que poco después solicita una operación del mismo tipo. Puede suceder que las operaciones de entrada o salida de ambos programas terminen simultáneamente. ¿Cuál será entonces el programa que pasará a ser elaborado en la unidad central?

Este problema que presenta la multiprogramación no es importante en un caso como el del ejemplo anterior en el que existen únicamente dos programas distintos en la memoria, pero sí puede ser grave cuando en la misma coexiste un elevado número de programas, por lo que, en estos casos, hay que introducir en la memoria de la máquina un nuevo *módulo* o *programa de prioridad*, de forma que, siempre que en la máquina haya un conflicto interno de prioridad, la unidad central dé paso a este programa que da solución al problema, y todo ello a velocidad de ordenador.

El segundo problema que plantea la multiprogramación puede ser aún más grave, ya que la unidad central de proceso, durante la ejecución de un programa, ha de tomar y dejar continuamente datos en la memoria, con lo que se corre el riesgo de que, al dejar un dato o una instrucción en uno de los registros, borre alguno de los datos correspondientes a otro programa. Esta posibilidad exige la introducción de un nuevo *módulo* o *programa de protección de memoria*, que compartimenta a la misma en una serie de bloques de tal forma que cada programa puede utilizar únicamente el bloque previamente asignado.

Como se puede observar, el proceso de multiprogramación requiere que la máquina actúe, además de con los programas de cálculo, con una serie de programas especiales destinados a que esta función se desarro-

Los esquemas muestran dos posibles formas de repartición de memoria en un sistema operativo. La repartición fija asigna un bloque a cada programa independientemente de su contenido, mientras que en la repartición dinámica la magnitud del bloque depende del tamaño del programa









En informática, la misión de un sistema operativo se podría asimilar a la función que cumplen los reguladores de tráfico, representados por sistemas complejos o simples agentes, en ciertos nudos de convergencia, en los cuales el director concede prioridades y asigna direcciones a los distintos elementos que en ese momento confluyen en el nudo. Esta similitud es tal, que en el lenguaje informático se utilizan términos, como semáforo, propios del tráfico vial

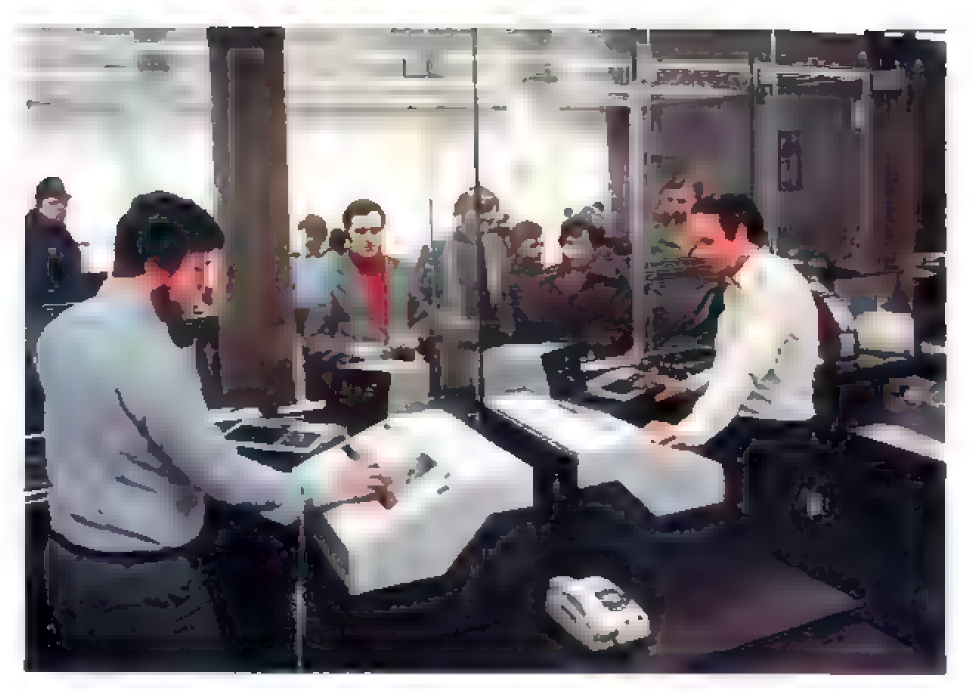
lle con toda normalidad. Todos estos programas se agrupan en una zona de la memoria, utilizándose el término de *sistema operativo* para describir esta región que sirve para manejar los problemas surgidos de las posibles interferencias entre programas de aplicación que comparten los mismos recursos de un ordenador.

Como es lógico, existen diferentes sistemas operativos, y así los llamados *de repartición fija* dividen la memoria en una serie de bloques independientemente de los programas que en estos se vayan a depositar. Este sistema presenta, sin embargo, ciertos inconvenientes de desaprovechamiento, ya que puede ocurrir que a un programa corto se le asigne un bloque de memoria que posea muchas más direcciones de las necesarias, con lo que éstas se están desaprovechando. En los ordenadores más sofisticados existe entonces una gestión dinámica de la memoria, de tal forma que la repartición de la misma se lleva a cabo teniendo en cuenta el rango y la importancia del programa que se ha de almacenar.

Los ordenadores, lo hemos dicho ya repetidamente, están diseñados para ejecutar solamente una única instrucción en un instante de tiempo. ¿Es, pues, realmente necesario tener un programa entero, consistente quizás en algunos miles de instrucciones, en la memoria antes de que el programa pueda empezar a ejecutarse? La respuesta a esta pregunta es no.

Los sistemas modernos de *memoria virtual* sacan partido de este hecho almacenando un programa completo sobre una memoria secundaria, tal como un disco magnético. Sobre este soporte, el programa se subdivide en pequeñas piezas llamadas *páginas* o *segmentos*. Unicamente aquellas páginas o segmentos del programa que se están necesitando se llevan a la memoria, lo que supone que más programas diferentes pueden ejecutarse de forma concurrente.

21/¿Qué es un sistema de tiempo compartido?

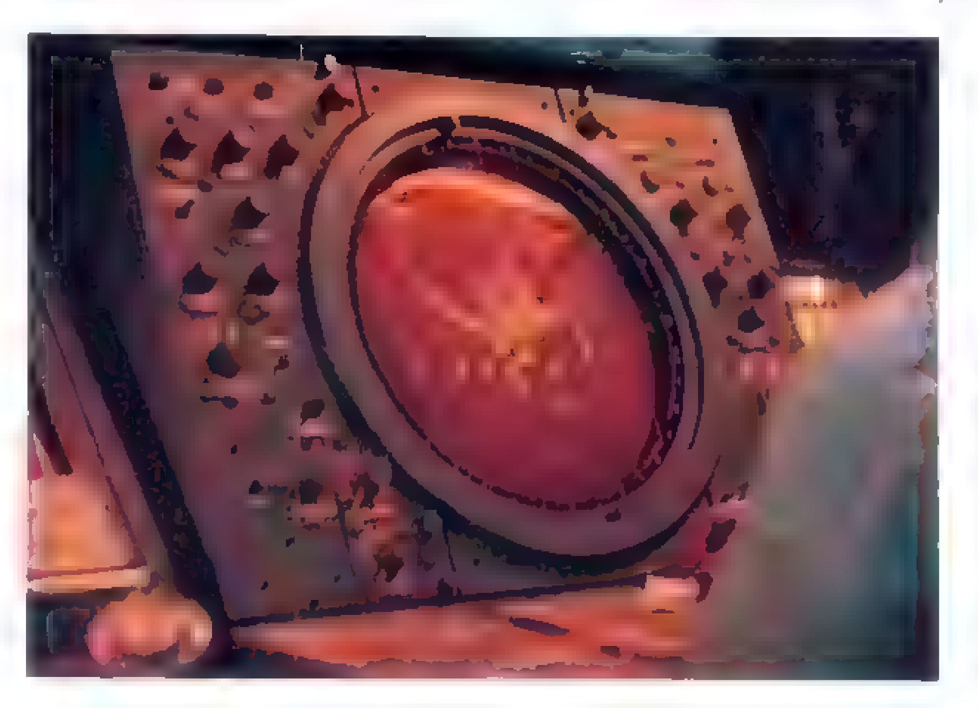


Las sucursales bancarias forman un sistema de tiempo compartido en el cual cada una de ellas posee un terminal conectado a un ordenador central, en el que se encuentra la base de datos principal

Uno de los mayores avances en los sistemas operativos es el de los sistemas de *tiempo compartido*, en los que un ordenador central puede trabajar de forma *interactiva* con cientos de usuarios al mismo tiempo. Los usuarios pueden estar situados en terminales locales que se encuentren cerca del ordenador o a cientos o miles de kilómetros del mismo. Cada usuario se sitúa frente a su terminal, teclea sus datos e instrucciones y mediante alguna forma de comunicación –por ejemplo, líneas telefónicas– los mensajes se transmiten entre el terminal y el ordenador.

Como el tiempo compartido involucra a bastantes usuarios (programas) que comparten una unidad central de proceso, resulta, al menos desde el punto de vista del ordenador, muy parecido a la multiprogramación. Sin embargo hay una diferencia importante: la multiprogramación es esencialmente pasiva, en el sentido de que el modo de transferir el control de un programa a otro depende de los propios programas. La unidad central de proceso puede en este caso conmutar su atención a otro programa únicamente cuando el programa que está en ejecución pide una operación de entrada o salida. En el tiempo compartido, por el contrario, cada programa tiene asignado un tiempo, aunque entre medias el programa requiera operaciones de entrada o salida.

¿Qué pasa cuando un programa toma el control y no lo cede? Esto podría suceder en problemas matemáticos o estadísticos complejos en los cuales se necesitan grandes cantidades de cálculos para obtener un resultado. En un sistema de multiprogramación usual, este programa puede muy bien acceder al control de la unidad central de proceso justamente

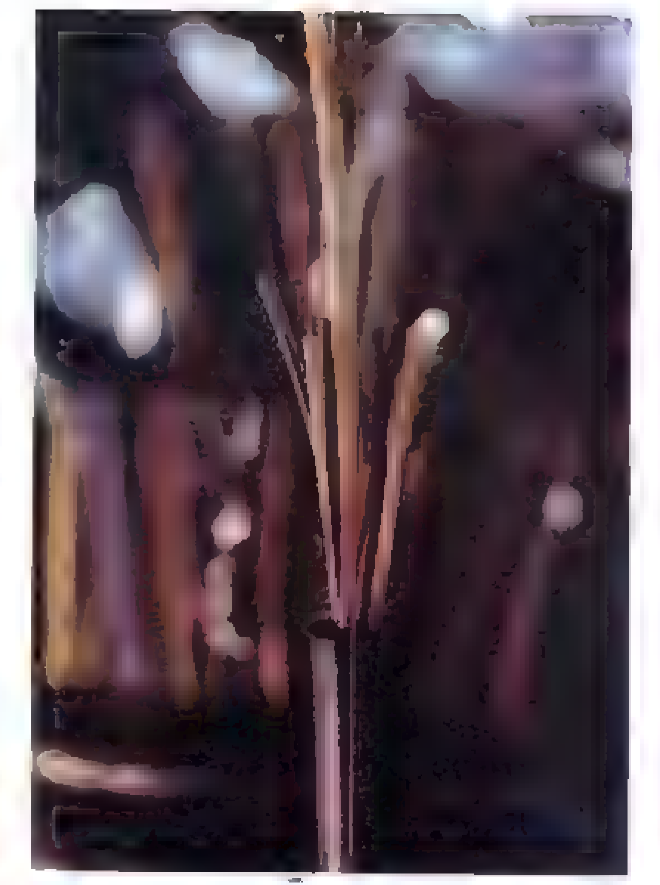


El tráfico aéreo se podría asimilar a un sistema informático de tiempo compartido, en el cual la torre de control va asignando tiempos de utilización de las pistas del aeropuerto a cada una de las distintas aeronaves

hasta que finalice, forzando así a un estado de espera a todos los demás programas. Esto nunca sucedería en un sistema de tiempo compartido.

En un sistema de tiempo compartido la posesión de la unidad central de proceso se mantiene únicamente durante pequeños intervalos de tiempo. Esto se logra mediante una especie de reloj interno que llevan incorporado todos los ordenadores. Cuando un programa comienza, se comprueba el tiempo; si el programa pide rápidamente una operación de entrada o salida, se le asigna control a otro programa. Si después de unas pocas fracciones de segundo el programa no ha cedido voluntariamente su control a la unidad central de proceso, se le quita éste y se coloca al final de la lista de espera. La unidad central de proceso pasa entonces a prestar atención a otro programa. De esta forma cada ciertos intervalos de tiempo el sistema operativo hace un *trasvase* de tareas (guarda los programas, datos y resultados parciales de una tarea en una memoria secundaria, mientras que traslada otra tarea a la memoria principal, continuando en la instrucción en la que lo había dejado la vez anterior que estuvo ejecutándola).

Pero, ¿cuántos usuarios pueden estar trabajando con el sistema de tiempo compartido? Cada vez que la tarea de un usuario se trasvasa a la memoria principal durante su pequeña fracción de segundo, el ordenador tiene que recuperar sus informaciones de la memoria secundaria y situarlas en la memoria principal. De esta manera, el usuario tiene acceso de nuevo a su programa. Seguidamente, antes de que la tarea del próximo usuario pueda trasvasarse durante su fracción de segundo, los programas del usuario anterior se tienen que almacenar en la memoria secundaria. El sistema operativo tiene que llevar un control en la memoria principal de los sitios de la memoria secundaria en los que están guardados los programas de cada usuario, de manera que no se pueda extraviar ninguna información. Así pues, estas transferencias implican utilizar tiempo de la unidad central de proceso por parte del propio sistema operativo, tiempo que no se puede emplear en las tareas de los usuarios. Si el número de éstos aumenta, el tiempo dado a cada usuario en cada segundo disminuye; si el tamaño del programa del usuario aumenta, el tiempo necesario para trasvasar la información a y desde la memoria secundaria también aumenta. De esta forma, cuantos más usuarios existan y cuanto más grandes sean las tareas, el tiempo de trasvase se va aproximando a la fracción de tiempo completa del usuario. Finalmente se podría llegar al extremo de emplear todo el tiempo en el trasvase, ¡sin que haya tiempo para los cálculos! Por este motivo, el número de usuarios de este sistema tiene que ser limitado.





Uno de los principales escollos con que tropiezan los sistemas de tiempo compartido es la transmisión de datos e instrucciones desde cada uno de los terminales hasta el ordenador central. Dicha transmisión se realiza generalmente a través de líneas formadas por modernos medios materiales, como las fibras, o incluso por enlaces hertzianos conectados a satélites geoestacionarios (abajo)

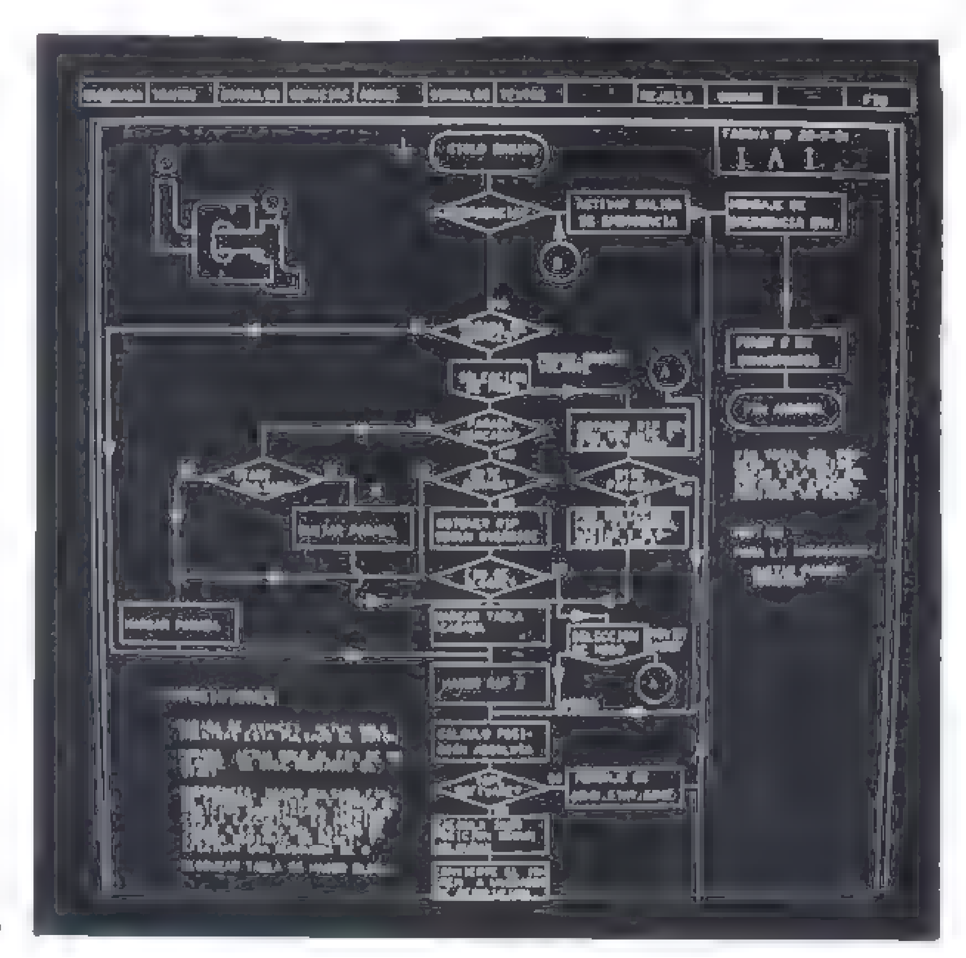
22/Telemática

Telecomunicaciones + informática = telemática. He aquí una ecuación que va a revolucionar nuestras vidas. La fusión de las telecomunicaciones y la informática da origen a un campo y concepto nuevos: la *telemática*. Se trata de algo distinto de las tecnologías y sistemas que la crean: implica telecomunicación, pero es más que eso; utiliza ordenadores, pero es más que proceso de información.

El nacimiento de la telemática se hace posible por el desarrollo tecnológico en el campo de las telecomunicaciones –fibras ópticas, satélites geoestacionarios, cables coaxiales, enlaces por microondas...–, en el terreno microelectrónico –*chips*, microprocesadores...– y en los ordenadores –microordenadores personales, programas cada vez más para el hombre de la calle...–. Todo ello, además, a precios vertiginosamente cada vez más baratos, equipos más pequeños y modos de manejo más fáciles para el usuario.

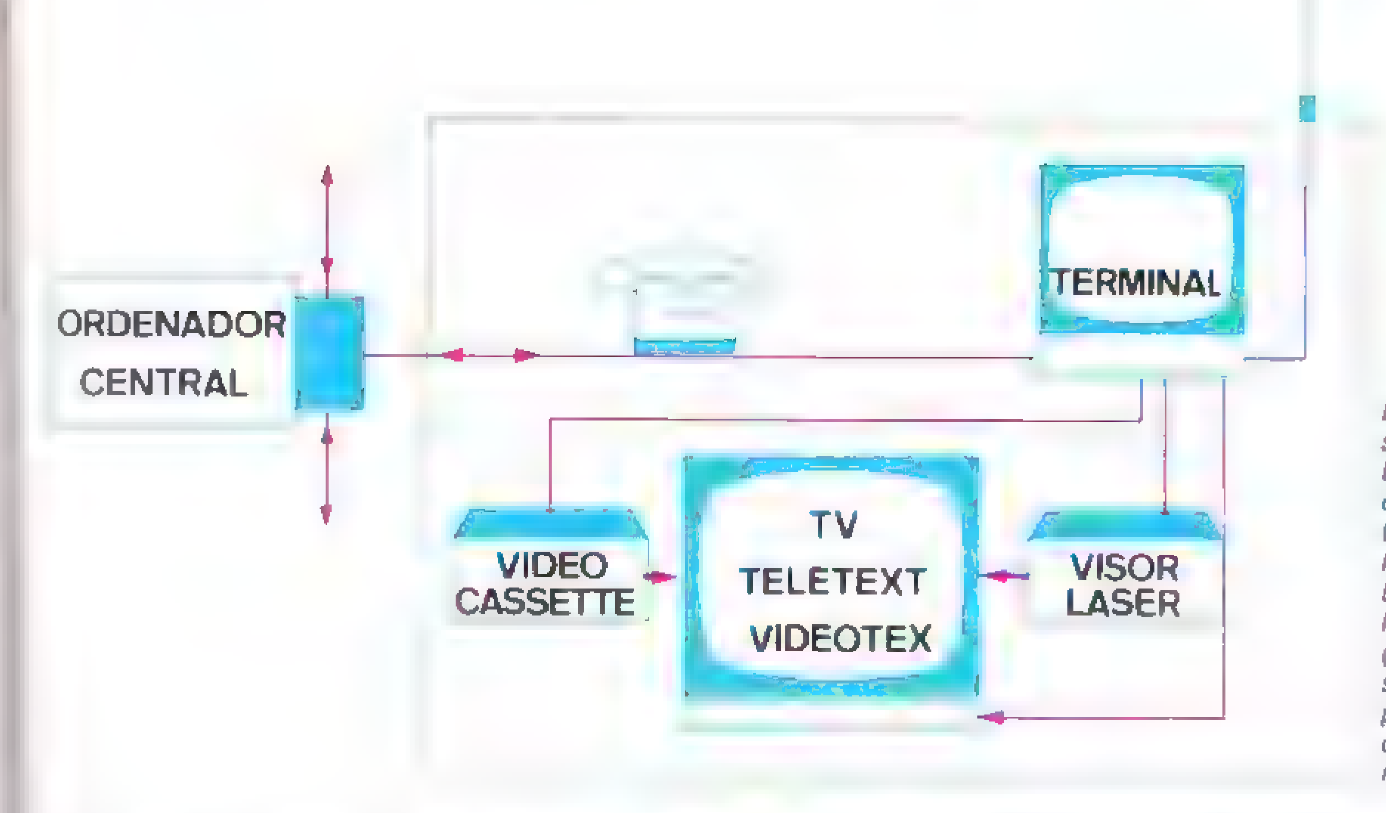
En síntesis, un sistema telemático consiste en una *red* integrada por un *ordenador central* donde se ubica una *base de datos* a la que se accede desde *terminales* con pantalla y a través de un medio de telecomunicación (línea telefónica, etc.). Por esta estructura lo que fluye es *información*: datos, textos, imágenes fijas, órdenes, transacciones, etc.; es, por tanto, un sistema de *almacenaje, búsqueda y recuperación, transmisión y difusión* de información. El sistema es *interactivo*, de «dos vías»: el usuario dialoga en una serie de preguntas-respuestas-preguntas..., en que la elección de lo que desea recibir corresponde al usuario; y, por otra parte, es rápido el acceso a una información se realiza en cuestión de segundos.

Un sistema funcional así ya existía operativamente con la informática –o mejor, teleinformatica– convencio-



Mediante los distintos sistemas telematicos los datos almacenados en un banco situado en un ordenador central se transmiten por distintos metodos hasta terminales situados a considerable distancia del ordenador central. En la imagen de la izquierda se puede observar un primer plano de un documento aparecido en pantalla almacenado en la memoria del ordenador central, y a la derecha un telefacsimil destinado a recibir, mediante impresión gráfica, fotografias y documentos







Esquema de un sistema telemático. La señal portadora de datos llega al terminal, bien por vía hertziana (teletext), o bien a través de la línea telefónica (videotex). Esta segunda oportunidad permite al usuario, que recibe información por medio de la pantalla de su televisor, mantener una comunicación interactiva con la base de datos

nal, pero se realizaba con equipos y programas o lenguajes costosos, sofisticados y de manejo sólo apto para especialistas. La explosión telemática se produce cuando las mismas funciones quedan al alcance del hombre medio de la calle gracias a máquinas, lenguajes y redes de costo reducido y de utilización facilísima: los sistemas *videodata*.

Los sistemas videodata conectan el televisor convencional actual (como terminal para visualizar la información en el hogar u oficina del usuario), el ordenador central que contiene la base de datos y el teléfono tradicional (como medio de comunicación o «transporte»). Simplemente con un teclado *alfanumérico*, el usuario, marcando números y/o letras, llama por teléfono a la base de datos pidiendo directamente o en diálogo –búsqueda sucesiva– la información deseada, que aparece en la pantalla de su televisor.

El sistema telemático más elemental se denomina *teletext*: éste no es interactivo y suele transmitirse por vía hertziana –emisión de televisión convencional–. El sistema *videotex* sí es interactivo (el usuario busca y recibe, en «conversación» con el ordenador central, los datos o texto deseados), no tiene –en teoría– límite de capacidad de almacenaje y transmisión de datos, y se transmiten éstos por cable telefónico, fibras ópticas, etc. Un sistema telemático es un *medio* que, a diferencia de otros, sirve para múltiples funciones. La primera es la de *edición electrónica*: diccionarios, referencias estadísticas o bibliográficas, periódico electrónico, noticias, el tiempo, guía de teléfonos, restaurantes, enseñanza, etc. Otra utilización es la de *correo electrónico: teleescritura* o envío de mensajes, *telefacsímil* o envío de imágenes impresas, etc., siempre de un usuario a otro a través de sus terminales. O bien, *transacciones*: transferencia electrónica de fondos de la cuenta propia en un banco; *telecompra* o pedido-pago de bienes y servicios, etc. También, sistemas de *telecontrol*: telealarma, regulación del clima del hogar u oficina, etc.

La telemática es, quizá, la revolución más importante desde la invención de la imprenta, en el sentido de posibilidad de cambiar nuestras vidas, nuestra forma de trabajar, aprender, comunicarnos, entretenernos, de pensar y crear, de investigar y saber... Pero también ofrece riesgos, como el de amenazar nuestra intimidad. Controlar el nuevo medio, en base a la libre concurrencia y acceso de todos al mismo, asegurará un nuevo estadio de la civilización humana.

23/Enseñanza y ordenadores

Desde su invención hasta los momentos actuales, los ordenadores han encontrado aplicaciones distintas de aquellas para las que en principio fueron diseñados. Una de estas aplicaciones, y no la menos importante, ha tenido lugar dentro del campo de la enseñanza.

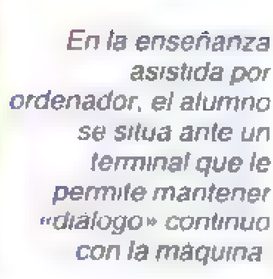
En efecto, aunque su implantación todavía no sea muy amplia, la informática ha penetrado en el mundo de la educación por medio de la llamada *enseñanza asistida por ordenador (EAO)*. Este tipo de enseñanza se desarrolla en la actualidad en tres aspectos diferentes: uno, de adiestramiento y práctica del alumno, otro por un sistema de tutoría y un último que se podría denominar coloquial.

En la *EAO de adiestramiento y práctica* el alumno, al que previamente se le ha enseñado una serie de materias por otro método cualquiera, se sitúa frente al terminal de un ordenador en el que van apareciendo una serie de preguntas referidas al tema. Durante un espacio de tiempo determinado, el alumno puede estudiar el problema propuesto por el ordenador hasta que llega a una respuesta, que es introducida en el terminal: si la respuesta es la adecuada, el ordenador pasa a exponer otra pregunta, y si no, proporciona al alumno la contestación correcta, manteniendo en su memoria los fallos y aciertos del alumno para una posible evaluación. En este método de enseñanza, la relación alumno-ordenador está muy estructurada, de manera que no es posible separarse de la secuencia de pasos programados, por lo que únicamente es útil en aquellas materias que exijan un esfuerzo grande por parte de la memoria.

En la *EAO de tutoría* la relación con el ordenador se hace más compleja, pues en este caso la máquina no se limita a adiestrar al alumno en materias que ya conoce, sino que puede presentarle materias nuevas. El ordenador ahora no solo se circunscribe a



La posibilidad de que en los terminales no solo se impriman numeros y letras, sino también figuras a todo color, concede a la enseñanza asistida por ordenador unas inmensas posibilidades



En la enseñanza asistida por ordenador, el alumno se situa ante un terminal que le permite mantener «dialogo» continuo con la máquina



proporcionarle al alumno la respuesta correcta o a presentarle cierto material de repaso si su contestación no lo fue, sino que puede mostrar todo el material que, según el tipo de fallo cometido, necesite el alumno para la recuperación. Este tipo de enseñanza es, pues, una aproximación a la forma de actuar de un profesor, si bien tiene el inconveniente de seguir manteniendo un tipo de relación muy estructurada, ya que la información que presenta el ordenador sigue llevando una relación previamente fijada.

La *EAO coloquial*, que se encuentra todavía en su fase inicial, no solo presenta al alumno informaciones y reacciona según las respuestas que éstas produzcan, sino que es capaz de aceptar y responder las preguntas que éste le pueda proponer, con lo que la interación alumno-ordenador se transforma así en una especie de diálogo similar al que tendría lugar entre el estudiante y el profesor humano. Esta técnica, sin embargo, tardará todavía algún tiempo en implantarse, debido esencialmente a los problemas que plantea la comprensión, por parte de la máquina, del lenguaje natural, que es el que empleará el alumno.

Sea cual sea la modalidad de enseñanza, la aplicación que en el mundo educativo tiene el ordenador es muy importante, ya que, entre otras cosas, se puede contar con su infinita paciencia y la posibilidad de almacenar en su memoria un número de cuestiones que jamás podrá contener un libro, pero, sin duda, la relación existente entre alumno y profesor, elemento clave del proceso educativo, no se podrá alcanzar nunca mediante los ordenadores.

Enseñanza programada

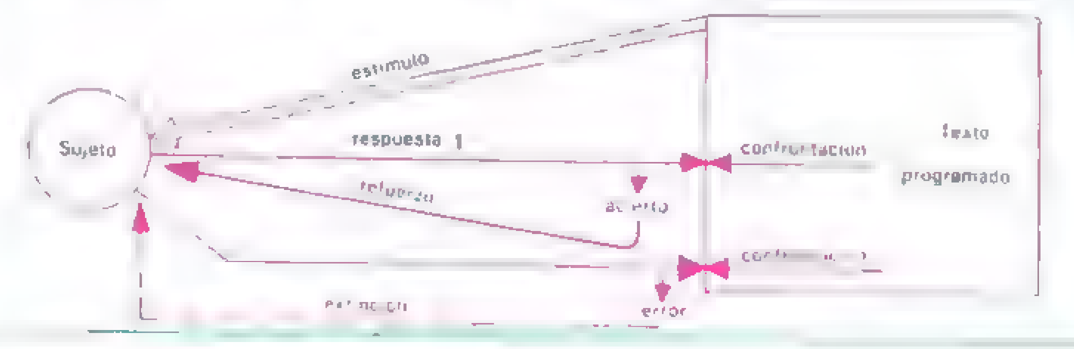
La enseñanza programada surgió sobre la base de las teorías conductistas, formuladas para interpretar el proceso de aprendizaje en el hombre y en los animales. En una síntesis de los principios sobre el estímulo-respuesta, el «feed-back» y la recompensa, se ha desarrollado una forma material de presentación de los contenidos objeto de aprendizaje que conocemos como «programación», y que responde a las características siguientes:

- La materia se descompone en pequeños pasos que se denominan *cuadros* o *ítems*
- Cada «cuadro» exige una respuesta o actuación del alumno, lo cual evita la lectura superficial y precipitada. El tipo de respuesta varía según la programación adoptada
- El alumno puede comprobar inmediatamente la adecuación o no de su respuesta. Esta posibilidad confiere a cada cuadro un refuerzo inmediato y a todo el programa un «feed-back» constante. Para conseguir estos propósitos reforzadores del aprendizaje se procura que la confección del programa permita obtener un elevado número de respuestas positivas
- Todo programa se adapta a la población a la que va destinado mediante un proceso de investigación previa. En definitiva, son los propios alumnos quienes determinan la conveniencia del programa, no el programador
- Cada alumno puede avanzar a su propio ritmo, con independencia de los restantes condiscípulos
- Los pasos se ordenan gradualmente y, en muchos casos, según un orden creciente de dificultad.
- En la redacción del programa se eliminan todos los elementos accesorios y «perturbadores», sin que por ello se olviden los principios didácticos de agradabilidad, interés, etcétera.
- Los puntos clave de la materia se refuerzan especialmente.
- Por último, la materia y los objetivos perseguidos en ella determinan la técnica de programación más adecuada

Todo lo dicho concretiza una serie de principios psicológicos sustentados por Skinner y Holland respecto a la eficacia de la enseñanza

- Principio de la *participación activa*: el alumno debe *actuar* mientras está aprendiendo, para lo cual hay que interesarlo previamente en el aprendizaje que va a acometer
- Principio de las *etapas breves*: las dificultades son fácilmente vencibles si se acometen en pequeños pasos, cuanto más cortas sean las etapas, mayores probabilidades hay de superarlas con éxito.
- Principio de la *progresión graduada*: las etapas han de encadenarse de forma que lleven al sujeto a un comportamiento cada vez más complejo
- Principio de la *comprobación inmediata*: en el aprendizaje humano, el simple hecho de conocer la solución inmediatamente después de haber respondido constituye un refuerzo muy poderoso
- Principio de la *adaptación personal*: el sujeto discente determina su propio ritmo de aprendizaje, según sus características y posibilidades personales.
- Principio de la *eficacia del éxito*: hay que procurar que el sujeto logre éxitos parciales y constantes en su aprendizaje, como el medio más eficaz de conseguir mantener la motivación

(A. FERRÁNDEZ y otros. *Tecnología didáctica*.)



24/Ordenadores en el campo de la sanidad

La introducción de los ordenadores dentro del campo de la Medicina tuvo lugar primeramente a través de los grandes centros hospitalarios en los que se utilizaban fundamentalmente en funciones de tipo administrativo; sin embargo, en poco tiempo la capacidad de los mismos ha dado lugar a que comiencen a usarse también en trabajos más ligados a la asistencia médica en sí.

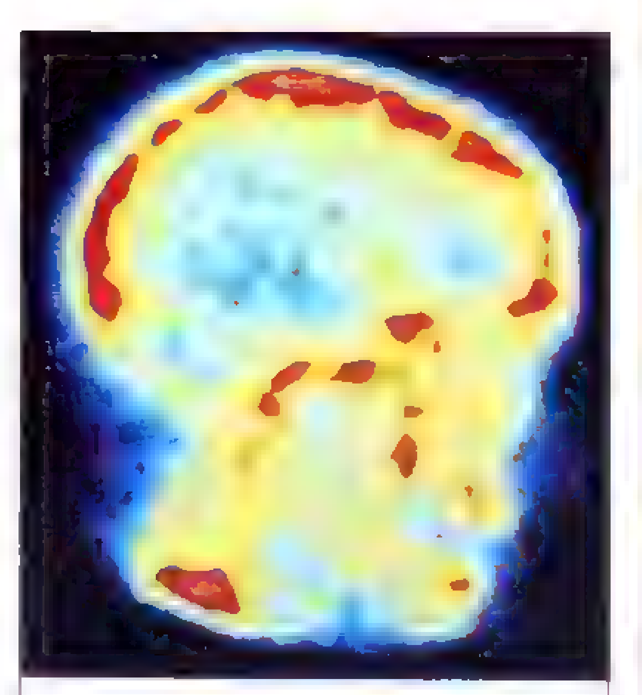
En este aspecto, el uso de los ordenadores también ha ido variando con el tiempo. Primero se emplearon para liberar al personal sanitario de ciertas tareas rutinarias muy aptas para ser llevadas a cabo mediante un ordenador; en un paso siguiente, los ordenadores se emplearon intensamente en el terreno de la investigación médica y farmacológica y en su aplicación a técnicas de diagnóstico tan importantes como la *tomografía axial computarizada*.

Todas estas aplicaciones son sin embargo únicamente una pequeña muestra de las ingentes posibilidades que tiene la informática dentro del campo de la asistencia médica, sobre todo en cuanto al diagnóstico y a la asistencia extrahospitalaria.

En el primero de estos campos, hemos de pensar que cuando un médico elabora un diagnóstico y propone un tratamiento, no hace más que procesar en su mente una serie de datos -características e historial del enfermo, resultados de análisis, radiografías y otros métodos de diagnóstico, estado general, etc.– que le conduce a un resultado, y esto, como hemos visto, es en gran parte el trabajo que



En el campo del diagnostico, la informatica ha aportado sistemas como el que aparece en la imagen, capaz de procesar varias radiografias tomadas segun planos paralelos, con lo que se logra obtener una vision mas completa de las zonas estudiadas



La tomografía axial computarizada

Desde que en 1895 Rontgen descubriera los rayos X, su aplicación en Medicina se había limitado a la visualización mediante una placa fotográfica o pantallas fluorescentes de determinadas regiones del cuerpo, pero siempre en un sentido paralelo al eje del cuerpo y con bajo contraste. Pero en 1972, y gracias al físico inglés G. Houndsfield, se desarrolló un nuevo sistema que, aunque basado también en los rayos X, permite una visión transversal al eje del cuerpo.
En resumen: el aparato consta de una fuente de rayos X convencional, pero en la parte posterior del paciente ya no hay una placa fotográfica, sino un dispositivo de detección conectado a un ordenador; en breves instantes la fuente de rayos X y el detector «barren» la parte elegida en sentido transversal y transmiten las imágenes a un ordenador que las interpreta proporcionando una imagen de mayor contraste –que da una cierta sensación de relieve– de la zona del paciente sometida a observación.

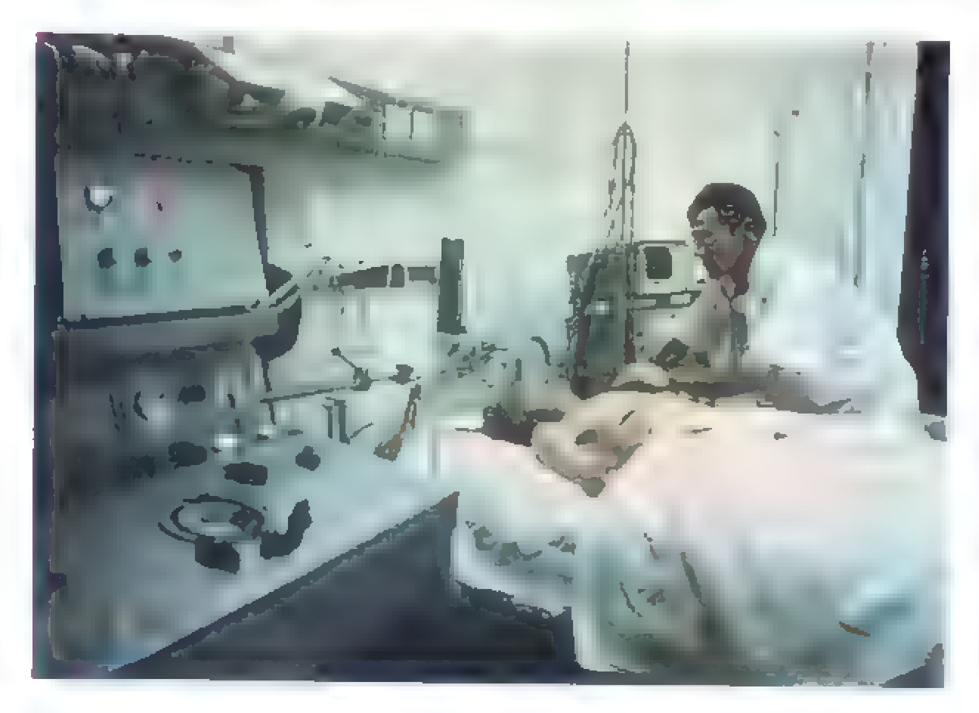


Durante una intervención quirúrgica es básico mantener un control instantáneo sobre todas las constantes vitales del enfermo, función para la que está especialmente indicado el uso de ordenadores

realiza un ordenador. Por este motivo, quizás en un tiempo no muy lejano, en las consultas de los médicos existirá un terminal de ordenador conectado a un gran centro de proceso de datos, mediante el cual el médico podrá realizar el diagnóstico con mayor seguridad y rapidez. Sin embargo, como en el caso de la enseñanza →23, el ordenador jamás podrá sustituir al médico, ya que, por una parte, nunca podrá tener el «ojo clínico» que caracteriza a muchos de estos profesionales, y por otro lado, no podrá crear las condiciones de confianza que se establecen entre médico y paciente y que en muchas ocasiones son la mejor de las medicinas.

En el campo de la asistencia extrahospitalaria la aplicación de los ordenadores podría suponer una disminución considerable del gasto de la Seguridad Social –en Estados Unidos el coste por día de un enfermo en un hospital se estima entre 400 y 500 dólares–. En este caso, gran parte de la asistencia médica podría tener lugar en el propio hogar del paciente, combinando la atención de la familia y utilizando un microordenador que permitiría al enfermo efectuar diariamente determinados análisis, de tal forma que cuando se produjese una desviación de los mismos, la máquina daría una señal de alerta. Este sistema sería aún más completo si se pudiesen instalar en los domicilios de los enfermos sometidos a este régimen terminales que, mediante línea telefónica, permanecerían unidos a una base de datos centralizada en un hospital, que de esta manera podría mandar al enfermo las correspondientes órdenes.

Es claro que estas aplicaciones parecen de momento ciencia-ficción, y que incluso su posible implantación cuenta con la oposición de ciertos sectores que consideran todas estas posibles soluciones como «deshumanizadas»; sin embargo, los altos costes que en estos momentos supone para los organismos competentes la asistencia médica –baste pensar que en Estados Unidos los gastos de personal destinados en 1979 a este servicio supusieron 129.000 millones de dólares– hacen previsible que en un plazo de tiempo no muy largo podamos contar con sistemas como los descritos o aun más sofisticados.



Mediante el uso de ordenadores de control, diversos enfermos internados en una Unidad de Vigilancia Intensiva pueden ser atendidos por un número reducido de personal que conoce al instante todas las constantes de los pacientes.

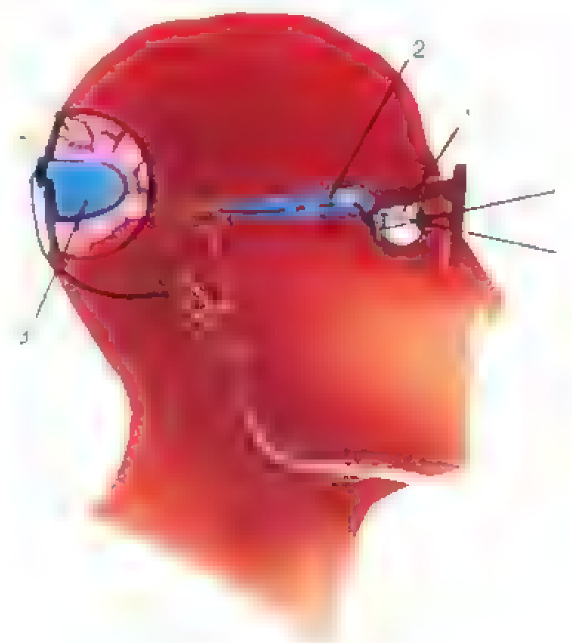
25/Ordenadores destinados a ayudar a los disminuidos físicos

Dentro de la economía se considera como un verdadero axioma la ley de la oferta y la demanda, según la cual cuando el precio de un producto baja, aumenta la demanda del mismo, existiendo un retraimiento en el caso de que el precio del producto se eleve.

Esta ley tiene un claro ejemplo en la informática, donde el progresivo abaratamiento de los ordenadores ha dado lugar a una amplia demanda de los mismos, pues cada vez son más baratos, pequeños y fiables. Estas circunstancias traen consigo el que aplicaciones que anteriormente no habían tenido una relación con los ordenadores por el elevado coste de los mismos sean en la actualidad candidatos posibles a la automatización. Una de estas áreas en las que la informática está comenzando a entrar posee un indudable valor social: la ayuda a los disminuidos físicos.

Entre los trabajos destinados a este fin cabe destacar los llevados a cabo por el equipo del doctor W. Dobelle de la Universidad de Columbia (Estados Unidos). Este investigador ha desarrollado un dispositivo de visión artificial consistente en un sistema compuesto por 64 electrodos de platino que se insertan en la corteza cerebral de un ciego. Mediante un microordenador, que por el momento se localiza en el exterior del paciente, se ordenan y seleccionan los estímulos adecuados, de tal forma que permite

Ciego trabajando ante una maquina de escribir automatica que emite sonidos correspondientes a las teclas marcadas



Uno de los casos mas recientes, espectaculares y, al mismo tiempo, beneficiosos de estimulacion cerebral lo constituye la invencion de un microordenador capaz de facilitar la vision en ciertos tipos de ceguera. El ingenio consta de un ojo artificial con una camara de television (1) en miniatura en su interior. Las imagenes son transformadas en impulsos electricos y enviadas a un microordenador (2), el cual las procesa y envia por cable a diversos electrodos terminales (3) implantados en la parte posterior del craneo, en la zona cerebral que se encarga de la vision

Máquinas que hablan

En los ultimos años la empresa IBM ha anunciado la construcción de una máquina de escribir que permite que los ciegos trabajen como mecanógrafos. Dicha unidad produce una voz sintética con un vocabulario ilimitado, permitiendo a un mecanografo ciego revisar el material escrito escuchando lo que se ha mecanografiado. La unidad es también capaz de producir sonidos diferenciales cada vez que se presiona una tecla de la máquina. Para lograr estas respuestas de audio, la máquina cuenta con un microprocesador que almacena en su memoria una serie de fonemas. Una unidad sintetizadora de voz produce y mezcla los fonemas hasta que se llegan a formar las palabras de una forma continua.

a los ciegos ver estructuras simples que incluyen letras y figuras. Este experimento es solo el inicio, pues el Dr. Dobelle confía en instalar una microcámara de televisión en un ojo de cristal que transmitirá las señales a un microordenador que, a su vez, por medio de un conjunto de hilos, las enviaría ordenadas hasta 512 electrodos destinados a excitar convenientemente la corteza cerebral.

Si la ayuda a la visión es, en muchas circunstancias, una esperanza, los sistemas de ayuda a la audición para personas sordas suponen ya una realidad. En la Universidad de Nuevo México (Estados Unidos) se encuentra ya desarrollado, por ejemplo, un aparato denominado *tele-oído* destinado a eliminar los problemas que encuentra una persona sorda durante una comunicación telefónica. En este sistema, el teléfono de la persona sorda posee un microordenador que transforma las señales recibidas desde otro teléfono, las decodifica y las transforma en una serie de caracteres que aparecen sobre una pantalla de la que está dotado el teléfono.

Otros dispositivos de ayuda a los sordos que se encuentran en desarrollo en los momentos actuales consisten en unos microprocesadores que eliminan el oído como conductor de la información auditiva hacia el cerebro. En este caso, las vibraciones sonoras se perciben a través de la piel por medio de un transductor* que, conectado a un microprocesador, transforma las mismas en una serie de impulsos codificados que se transmiten directamente al córtex cerebral.

Como en otros muchos campos, la utilización de los ordenadores en ayuda a los disminuidos físicos no ha hecho más que empezar, esperándose por tanto que en unos años estos mecanismos hayan alcanzado un nivel más alto de perfección y un precio que sea asequible a cualquier persona que esté necesitada de ellos. Esta ayuda, sin embargo, no pasa únicamente por el perfeccionamiento que en un futuro puedan llegar a alcanzar los ordenadores, sino, fundamentalmente, por los estudios que en el campo de los mecanismos cerebrales se desarrollan en estos momentos y que permitirán, en un plazo de tiempo que todos esperamos corto, conocer con mayor exactitud el origen de estos tipos de trastornos, con lo que se habrá logrado un avance espectacular en cuanto a su solución.



Transductor: elemento que cambia una señal de un tipo en otro



Bio-feedback

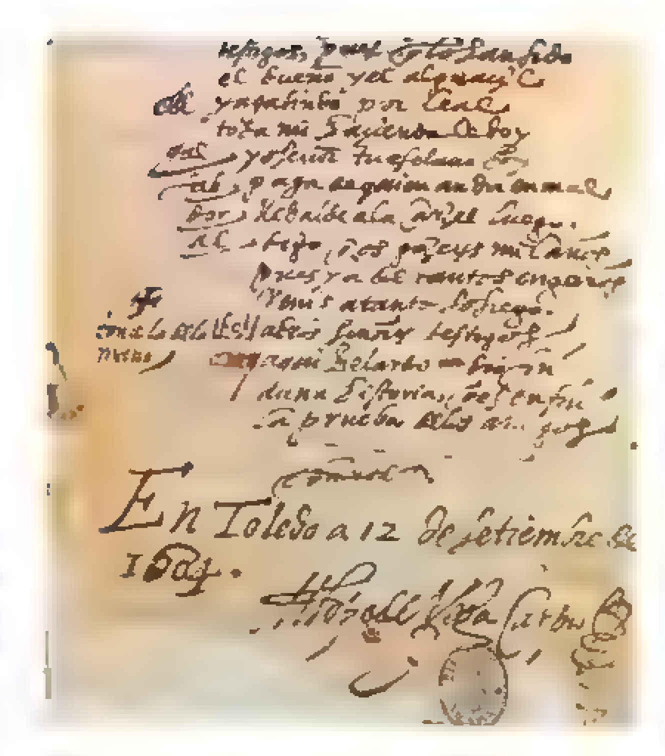
Aunque todavía en vías de ensayo, una de las aplicaciones de los ordenadores en el campo de la Medicina que más está despertando la atención es la del control homeostático del organismo por métodos voluntarios, proceso conocido como *bio-feedback* y que Paskewitz definió como «el conocimiento del estado dinámico de un sistema biológico que posibilita el control voluntario de tal sistema».
Para comprender en qué consiste este tipo de proceso, pensemos en un ejemplo sencillo. Un paciente determinado puede tener conocimiento de la existencia de una alteración en cualquier parte de su organismo; pues bien, parece suficientemente demostrado que, con el entrenamiento necesario, dicho paciente puede ejercer un control voluntario sobre su organismo y llegar a subsanar la anomalía detectada.
En este campo, la misión fundamental de los ordenadores consiste en el tratamiento de las señales biológicas de tal forma que el paciente esté suficientemente informado sobre su estado dinámico, y, al mismo tiempo, controlar los efectos producidos por la voluntad con vistas a corregir esta anomalía en sentido positivo.
Un caso práctico en el cual ya se está utilizando este sistema es en la superación de la epilepsia. En efecto, se sabe que, previamente al ataque epiléptico, el paciente experimenta una alteración en su encefalograma, de tal forma que si por medio de un ordenador el enfermo recibe información de esta anomalía, puede producir la señal adecuada para que el ataque no tenga lugar.

La denominada computadora óptica es ya utilizada comúnmente para la graduación de los defectos visuales, con unos márgenes de error imposibles de alcanzar por otros métodos tradicionales

26/Ordenadores al servicio de las letras y las artes

Si bien la informática se ha introducido de una forma muy importante en ciertos aspectos de la vida académica como la investigación científica, hasta el extremo que ha causado en la misma una verdadera revolución, existen disciplinas a las que en principio parecería no haber afectado la implantación de ordenadores; este es el caso de la investigación humanística o el campo de las artes.

Evidentemente, la influencia que la informática ha tenido en estos campos es mucho menor que la experimentada en otros; sin embargo, también aquí los ordenadores están jugando cada día un papel más importante. Gran parte del tiempo que empleaba el investigador histórico estaba, por ejemplo, destinado a la búsqueda en bibliotecas y archivos de documentos y legajos, tiempo que ahora se ha reducido considerablemente gracias a los ordenadores instalados en estas instituciones.


En Toledo a 12 de setiembre de 1604.

El análisis grafológico de un manuscrito implica el estudio de miles de rasgos diferenciales que únicamente se pueden procesar con exactitud gracias a la ayuda del ordenador. En la imagen, un manuscrito de Lope de Vega (Biblioteca Nacional, Madrid)

Pero no solo la informática tiene un campo de aplicación en la investigación humanística en cuanto al ahorro de tiempo que pueda proporcionar al investigador, sino en aplicaciones muy concretas que, gracias al ordenador, se pueden llevar a cabo con mayor facilidad y exactitud. Tomemos como ejemplo la labor de identificación de documentos originales. Para este tipo de tarea, los grafólogos necesitaban comparar miles de similitudes estilísticas y grafológicas que habían de correlacionarse a lo largo de textos que superaban las 100.000 palabras. Esta labor la realizan en la actualidad, con mayor rapidez y seguridad, ordenadores convenientemente preparados. Así, por ejemplo, este tipo de técnica se ha utilizado recientemente en Estados Unidos para determinar los autores de *The Federalist Papers*, conjunto de 77 ensayos políticos escritos a principios del siglo pasado y destinados a convencer a los ciudadanos de Nueva York para que ratificasen la Constitución de los Estados Unidos.

En el campo de las llamadas artes puras la informática no ha intervenido por el momento más que de forma anecdótica; sin embargo, sus posibili-



La clasificación y ordenación de los distintos volúmenes encerrados en las grandes bibliotecas es en la actualidad una tarea que desempeñan fundamentalmente los ordenadores. En la imagen, la Biblioteca Marucelliana de Florencia

Idiomas y ordenadores

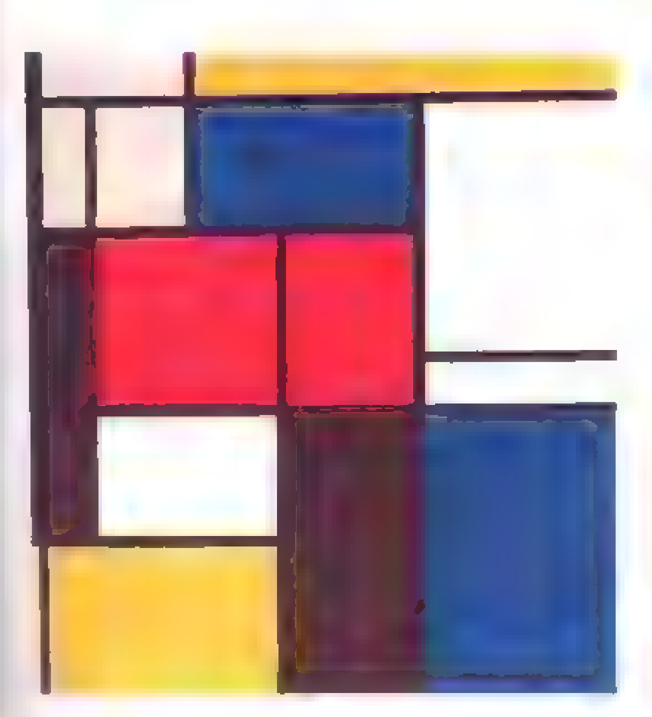
En 1954 un ordenador –con un vocabulario almacenado de 250 palabras y seis reglas para determinar las relaciones de las palabras en el seno de una oración– se programó para traducir unas pocas sentencias del ruso al inglés. Este programa, al que se dio una gran publicidad hizo que mucha gente predijese que en pocos años los ordenadores se utilizarían en el papel de traductores. ¿Qué ha pasado entonces?
Por el momento, las predicciones han resultado falsas, ya que este tipo de programas se ha encontrado con dos graves problemas: por un lado, la gramática ha sido incapaz de encontrar por el momento todas las reglas de traducción para un lenguaje natural específico, y, por otro, una buena traducción exige que el significado de las palabras (semántica) se tome en muchas ocasiones según el contexto de la frase en que aparecen. No obstante, existen ya infinidad de ordenadores, incluso de bolsillo, que contienen en su memoria un gran número de palabras e incluso de frases sencillas, pero que aún no sirven más que como simples diccionarios automáticos.



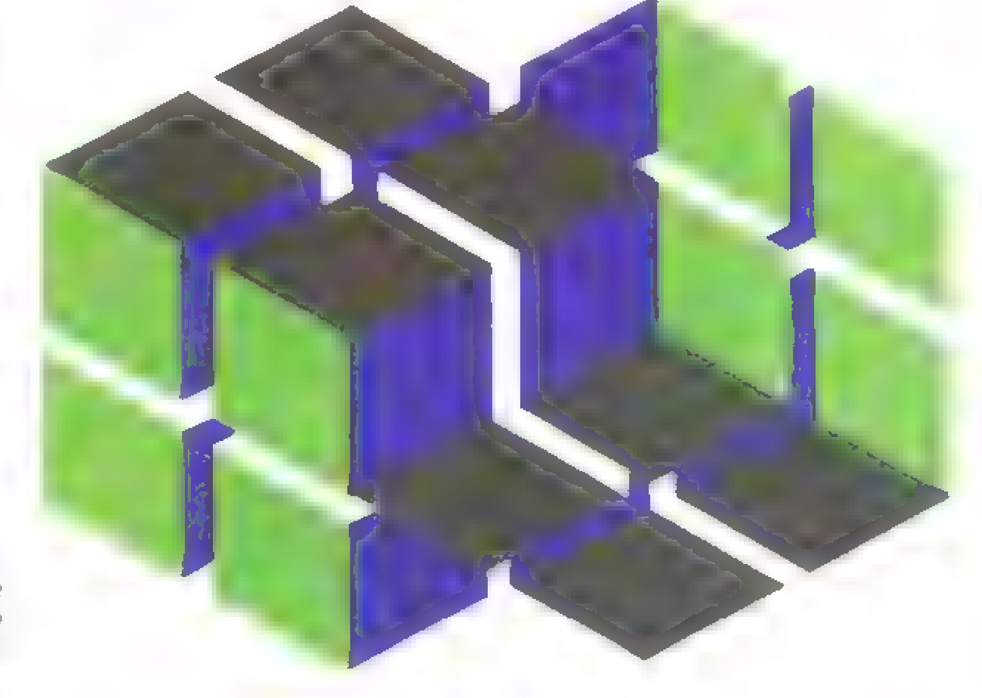
Los terminales dotados de pantalla en color permiten la reproducción de cuadros realizados por ordenador en los que, además de la figura se aprecia la variedad cromática que puede ser de gran amplitud

dades pueden ser mucho más amplias. Se puede poner como ejemplo los trabajos llevados a cabo por Michael Noll, quien ha programado un ordenador para realizar cuadros con «el estilo» del pintor holandés Piet Mondrian, consistente en composiciones realizadas a base de barras verticales y horizontales de dimensión variable. Cuando se realizó una encuesta entre diversas personas para que comparasen las copias de Mondrian con las producidas en el ordenador de Noll, únicamente un 28% de las mismas fueron capaces de distinguir los originales, y ¡un 59% decía que los cuadros realizados con ordenador tenían mejor estilo!

También en el campo de la música existen experimentos interesantes; así, el francés Jean Jacques Jarres ha compuesto varias piezas de considerable éxito popular por medio de sonidos sintéticos ordenados por medios automáticos.



Cuadro de Mondrian con su característica técnica, imitada en la actualidad por procesos informáticos



«Figura imposible» obra de Iturralde ejecutada por medio de un ordenador

27/Influencia de los ordenadores en el problema del empleo

Desde el momento de su descubrimiento, los ordenadores han generado una especie de temor en amplios sectores de la población que se preguntan si en un momento dado podrán perder su empleo al ser reemplazados por una máquina. Intentar responder a esta pregunta es sin duda difícil, pero para intentarlo podemos estudiar qué ocurrió en épocas pasadas con descubrimientos de una trascendencia similar, como pudo ser la máquina de vapor.

Cuando a principios del siglo pasado la máquina de vapor comenzó a implantarse en Europa, la inquietud cundió también entre la masa de trabajadores, que veían cómo muchos de los trabajos que realizaban podían ser ahora llevados a cabo por una máquina; y, momentáneamente, así sucedió: ya no era necesario el esfuerzo de muchos hombres para realizar ciertas tareas, y estas personas perdieron sus empleos siendo sustituidos por las nuevas máquinas de vapor. Esta situación, sin embargo, no duró demasiado, pues la modernización de la industria hizo que ésta fuese cada vez más grande, y con el crecimiento industrial vino de nuevo una situación de pleno empleo.

Al igual que la máquina de vapor, los ordenadores podrán en un primer momento generar un cierto índice de paro; no obstante, conforme la innovación que dichas máquinas producen comienza a tomar cuerpo, se va creando una nueva tecnología que permite realizar tareas que antes eran prácticamente imposibles, lo que a su vez da lugar a la creación de nuevos puestos de trabajo, tanto en la fabricación de máquinas –se estima que en junio de 1981 el número de personas trabajando en la fabricación de ordenadores y en los servicios relacionados con los mismos ascendía a



La creciente automatización de los distintos procesos industriales ha dado lugar a que tareas que antes precisaban de la colaboración de varios trabajadores se realicen en la actualidad con un número mucho más reducido. En la imagen, sala de control de una fábrica de cemento



La imagen de una cola de parados, como la que aparece bajo estas líneas, es por desgracia bastante usual en nuestros días, razón por la cual se ha creado una mayor sensibilización ante la posibilidad de que la implantación de los procesos informáticos haga aumentar aún más esta lacra social



Las grandes empresas informáticas suministran un gran número de puestos de trabajo. En la imagen, un aspecto de la fábrica IBM de Puebla de Vallbona (España)

un millón– como en las nuevas industrias que hace surgir.

Estos cambios en el empleo derivados de la introducción de nuevas técnicas como la informática presentan sin embargo ciertas cuestiones sociales de gran importancia. Como vimos ←3, el punto a partir del cual es rentable la instalación de un ordenador depende del número de veces que haya que repetir una tarea simple; y por tanto, una vez que en una empresa se introduce la máquina, el puesto de trabajo que desaparecerá será el de la persona que realice este tipo de tarea –difícilmente una persona dedicada a una labor creativa verá amenazado su trabajo por los ordenadores–, lo que da motivo a una cierta desigualdad: la automatización tiende a eliminar las tareas que llevan a cabo personas de baja cualificación, mientras que la creciente tecnificación crea puestos de trabajo que requieren de una gran preparación técnica.

La solución a este problema –como a tantos otros– pasa ineludiblemente por la educación, de tal forma que una sociedad que posea una educación integral podrá afrontar este problema con cierta tranquilidad. Tomemos como ejemplo a Japón, en donde los masivos programas de automatización en la industria japonesa están siendo perfectamente asimilados por sus trabajadores gracias a unos ambiciosos planes de *reciclage* que permiten efectuar un desplazamiento en sus puestos de trabajo sin ningún tipo de trauma; superando de esta forma el escollo más serio que presenta la renovación tecnológica, al mismo tiempo que se mantiene al país en un nivel de vanguardia. La prolongación del período de escolaridad y el retraso del inicio de la especialización son medidas para formar personas cada vez más capaces de adaptarse a los cambios tecnológicos.



Un plan adecuado de formación profesional evitará en gran parte la injusticia social que supone que los ordenadores sustituyan en su trabajo a aquellos que poseen un nivel cultural más bajo.

Puestos generados por las empresas informáticas de Estados Unidos

	1980	Aumento (en %)
IBM	278 000	2,9
NCR	66 000	1,6
Digital Equipment Corporation	60 000	21,0
Burroughs	57 000	1,4
Control Data	49.000	1,4
Sperry	47.000	2,8
Honeywell	29.000	1,8
Hewlett-Packard	28.000	10,6
Computer Sciences	15 000	12,0
Data General	14.000	4,8
Total	643.000	4,5
Total de todas las compañías norteamericanas	863 000	7,1

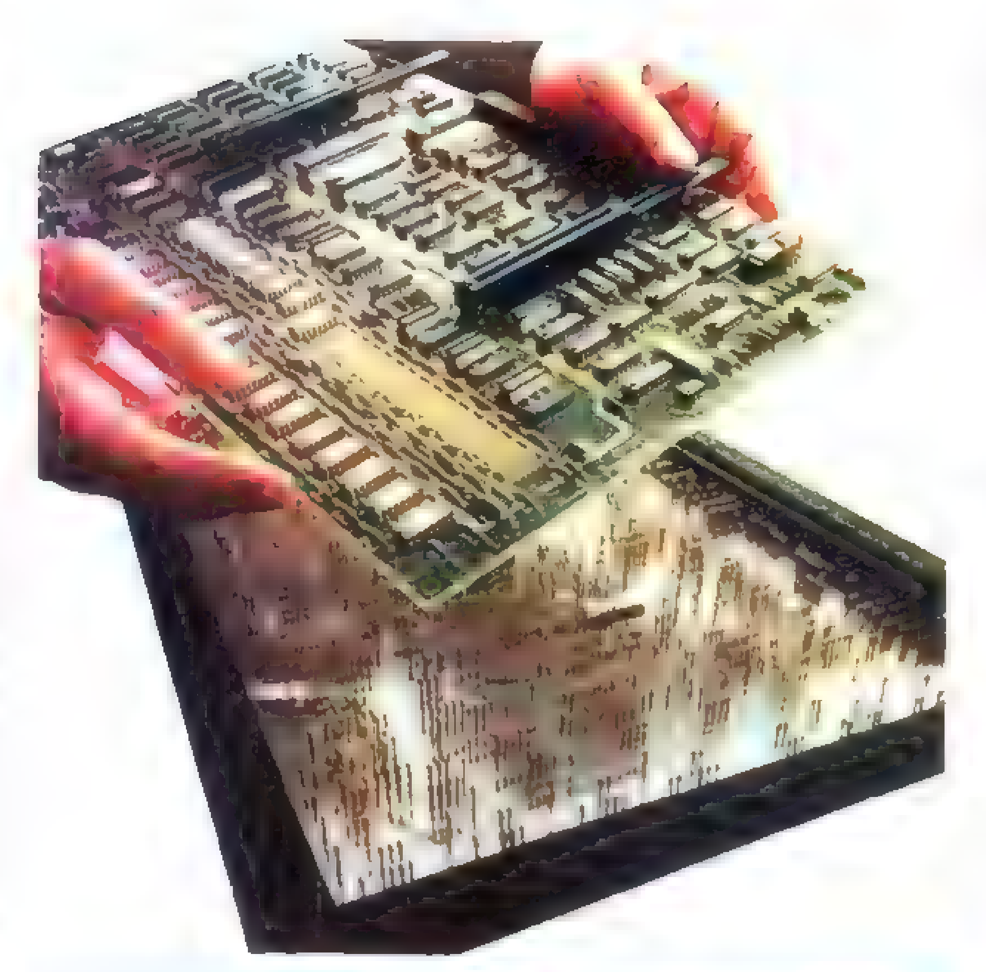
(Fuente *Datamation*, Junio 1981)

28/¿Pueden incurrir en error los ordenadores?

El 9 de noviembre de 1979, una falsa señal de alarma puso en acción a gran parte del sistema defensivo de los Estados Unidos, que se movilizó ante un inexistente ataque de la Unión Soviética. Como un portavoz del Pentágono reconoció posteriormente, no era ésta la primera vez que sucedía; sin embargo, la peculiaridad residía en que, en esta ocasión, la alarma se debía al error cometido por un ordenador.

Este ejemplo real, que pudo haber ocasionado unas trágicas consecuencias, pone de manifiesto un hecho que muchas veces tendemos a considerar como imposible: los ordenadores también pueden equivocarse. Este tipo de máquinas son extraordinariamente precisas, de tal forma que cada día calculan cientos de miles de cuentas bancarias, miles de cálculos científicos y otra miriada de operaciones sin error; pero alguna vez éste se puede cometer.

Para comprender la posibilidad de equivocación dentro de un ordenador debemos primeramente admitir que, más o menos compleja, una de estas máquinas no es más que un dispositivo electrónico. Pensemos entonces en



La verificación automática de tarjetas de circuito impreso para comprobar posibles fallos en los mismos es una misión importante destinada a garantizar la exactitud en el funcionamiento de un ordenador. En la actualidad, algunos ordenadores llevan incorporado un «ordenador esclavo» encargado de realizar estas comprobaciones durante todo el proceso de funcionamiento



El posible error de un ordenador es grave, más aun cuando el mismo podría desencadenar una catástrofe, ya que los ordenadores gobiernan los sistemas de defensa de las mayores potencias del mundo

un ejemplo más simple, como puede ser un interruptor de la luz, que también es un dispositivo, aunque en este caso sólo eléctrico. Nosotros sabemos perfectamente cuando accionamos el interruptor el efecto que el mismo va a producir: la bombilla se encenderá si estaba apagada y se apagará si estaba encendida. Aunque repitamos este hecho cientos de veces, el resultado siempre será el mismo, por lo que podríamos considerar a un interruptor como un sistema muy seguro. Sin embargo, es posible que en algún momento el filamento de la bombilla se funda o el mismo interruptor se estropee: cuando accionemos éste, el resultado obtenido no será el esperado.

Un ordenador está formado por miles de circuitos electrónicos en cada uno de los cuales conocemos perfectamente cuál será su respuesta ante la entrada de una serie de señales con la misma exactitud con que sabemos lo que sucederá cuando se acciona el interruptor de la luz. Pero en un momento dado puede existir un fallo, y la respuesta del circuito, y por tanto del ordenador, no será la debida.

El orden de fiabilidad en la construcción de ordenadores es sin embargo muy elevado, y para ello baste pensar que un 10% de su coste de fabricación se dedica al control de calidad, por lo que, al igual que sucede con los accidentes automovilísticos, si bien es siempre posible que tengan su origen en un fallo técnico, en la mayor parte de las ocasiones estos accidentes se deben a un fallo humano.

Un ordenador es una máquina «dócil» que hace todo aquello que se le ordena sin entrar a juzgar si lo que se le solicita es absurdo o lógico; por tanto, la mayoría de los errores que la máquina puede producir se debe a errores en su operación, tanto en la fase de programa como en la entrada de datos para el mismo. Quizá sea este el motivo por el que los ordenadores se han convertido en unas máquinas insólitas, rodeadas de una credibilidad que aunque, como hemos visto, no siempre es total, sí puede considerarse entre las más altas obtenidas por todas las máquinas que el hombre ha sido capaz de construir a lo largo de su historia.

El delito informático

Si bien un fallo en los circuitos de un ordenador puede dar lugar a un error de cálculo en el mismo, no hay duda que la mayoría de los errores provienen de equivocaciones cometidas por el personal que maneja el ordenador. Existe, sin embargo, otro tipo de posible error en la máquina que en este caso no es una equivocación, sino una forma moderna y sofisticada de delito. La posibilidad de alterar el programa de un ordenador en beneficio propio, si bien no es un hecho corriente, ha sucedido ya en suficientes ocasiones como para ser tipificado como una nueva figura jurídica: el *delito informático*.

Fue el caso, por ejemplo, de un avispado cajero de un banco de Nueva York que estudió detenidamente el programa que la institución había elaborado para el pago de intereses a sus clientes. En este banco, como en el resto de los bancos del mundo, las cifras de los intereses se ajustaban por la técnica del «redondeo»; esto es, en las cifras que contienen varios decimales, los bancos redondean estos hasta la cifra más próxima, y así, si esta cifra es, por ejemplo, de 127,57, el banco la ajusta a 127,6, mientras que si la cifra es 127,52, la redondea a 127,5.

Conocedor de esta técnica, el astuto cajero alteró el programa del ordenador, de tal forma que en vez de hacer este redondeo, el ordenador ingresaba en la cuenta del cliente únicamente la cifra que correspondía al primer decimal; es decir, aunque sus intereses fuesen de 127,59 dólares, en la cuenta de dicho cliente aparecía un ingreso de 127,5. Esta diferencia de unos pocos céntimos era inadvertida por los clientes, sin embargo, dado el número de cuentas del banco, suponía para el cajero un ingreso extra de varios cientos de dólares semanales que, según el programa elaborado, el ordenador ingresaba periódicamente en su propia cuenta, y que le hubieran proporcionado unos pingües beneficios si un perspicaz censor de cuentas no hubiese descubierto el truco

Un moderno *caballo de Troya*

Normalmente, el error cometido por un ordenador siempre tiene un origen casual; en muy pocas ocasiones se debe a un fallo técnico, y en la mayoría, a una equivocación humana. Sin embargo, existe también la posibilidad de «obligar» a una máquina a que se equivoque.

Es frecuente en los círculos de procesos de datos oír la historia del empleado que, por un conflicto laboral o profesional, se vio obligado a dejar su puesto de programador. Irritado por esta decisión, el empleado creó un programa especial que se denomina popularmente un *caballo de Troya*. Esencialmente, un *caballo de Troya* consiste en un trozo de programa bien enmascarado que, una vez que el empleado ha abandonado su puesto de trabajo, se activa eliminando una base de datos importante para la empresa y autodestruyéndose más tarde sin dejar huellas de lo sucedido. El resultado es un caos absoluto para la empresa, que se encuentra sin esos datos esenciales e intentando descubrir lo que pudo ocurrir, para evitar su repetición.

29/Rostro oculto de la informática



El espionaje electrónico y el uso de los ordenadores para violentar la intimidad personal han sido ya temas de películas como La conversación *de Francis Ford Coppola, una de cuyas secuencias aparece en esta imagen*

La información es un elemento esencial en todos los estratos de la sociedad y uno de los pilares sobre los que se asienta nuestro actual grado de desarrollo. Es importante, por tanto, darse cuenta del valor que en sí misma tiene toda información y no perder de vista el hecho de que, como decía Francis Bacon, «conocimiento es poder», y la materia prima de todo conocimiento es la información.

Si esta premisa es válida para toda la historia del hombre, en la actualidad cobra mayor sentido; el grado de complejidad alcanzado por los diversos factores que conforman la vida social en nuestro tiempo ha multiplicado el número de informaciones existente, pero a la vez el desarrollo de la informática permite concentrar, procesar, interrelacionar y recuperar en el momento oportuno esa gran cantidad de información que nuestra sociedad actual necesita para mantener su funcionamiento.

Vivimos, por tanto, inmersos en una sociedad informatizada, donde los sistemas de información computarizada nos ayudan a realizar tareas que sin ellos serían, si no imposibles, mucho más costosas. En realidad, únicamente mediante un uso adecuado de la información pueden gestionarse y controlarse las grandes organizaciones gubernamentales, educativas o empresariales que existen en nuestro mundo. El establecimiento de un censo electoral o el análisis de las necesidades escolares de una zona concreta, por poner solo dos ejemplos, hacen necesario el uso de ordenadores. Y a nivel individual, las historias clínicas, las tarjetas de crédito, etc., son instrumentos de nuestra vida cotidiana que requieren la existencia de bancos de datos. Todo ello confirma la especial importancia que la información y su tratamiento tienen en nuestra sociedad.

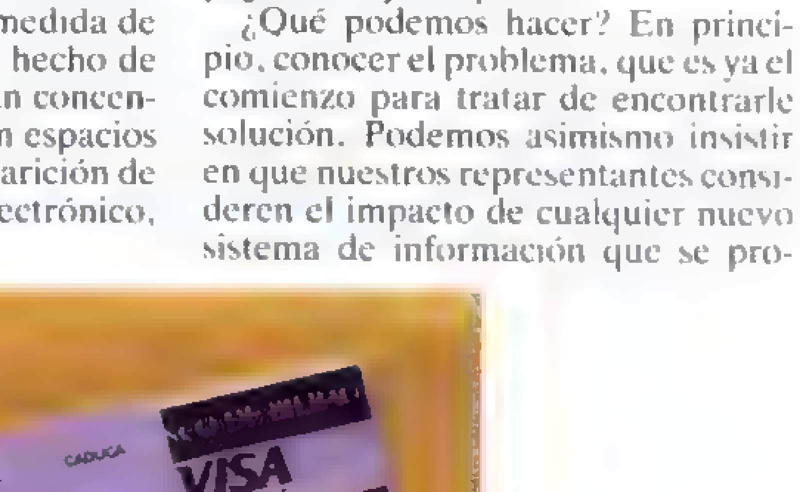


El inmenso caudal de información que sobre cada persona almacenan ordenadores situados en diferentes instituciones ha sido utilizado para desprestigiar a candidatos rivales durante ciertas campañas políticas

Pero esta situación, en principio satisfactoria para el desenvolvimiento de nuestra vida diaria, tiene también un lado peligroso, un rostro oculto. Porque si bien es cierto que solo los ordenadores pueden impedir que la vorágine burocrática se instale en nuestra existencia, con ellos surge también la preocupación ante el uso que determinadas personas o instituciones puedan hacer de la gran masa de datos sobre nosotros mismos cuyo control se nos escapa, y ante los numerosos peligros de coacción que de este hecho se derivan. Aparece así claramente planteado el dilema ante la necesidad real que el Estado, las instituciones o las empresas tienen de disponer de información y el derecho de las personas a salvaguardar su propia intimidad personal como parte inviolable de su libertad.

En los Estados Unidos este problema fue reconocido y abordado por el Congreso, aprobándose en 1974 una ley sobre el derecho a preservar la propia intimidad. El objetivo de esta ley era poner límites al Gobierno y proteger la libertad de las personas mediante el establecimiento de medidas encaminadas a frenar los posibles abusos del Poder en este sentido.

Y es que, efectivamente, como reconoció el Congreso estadounidense, el riesgo de que en una sociedad democrática se realice un mal uso de determinadas informaciones es real. La divulgación en las campañas electorales de ciertos datos sobre comportamientos privados de candidatos, las manipulaciones derivadas del acceso a determinadas fuentes informativas, el chantaje y la coacción que, en ocasiones, se ejercen sobre las personas o sociedades en función del conocimiento de informaciones que sobre ellas se poseen, etc., ilustran suficientemente los peligros de una civilización que depende en gran medida de los ordenadores. El simple hecho de que éstos permitan una gran concentración de informaciones en espacios muy reducidos facilita la aparición de cierto tipo de espionaje electrónico, cada vez más frecuente.





Algunos hechos, hoy ya cotidianos, como la sustitución del dinero por tarjetas de crédito a la hora de realizar cualquier pago, no serían posibles sin la creciente implantación de redes informáticas

Por todo ello, el gran reto que se nos plantea actualmente en este terreno es el de equilibrar las necesidades sociales con los derechos de los individuos. La solución drástica, pregonada a veces en determinados sectores de forma tan visceral como legítima en sus raíces, sería la de eliminar los sistemas de información computarizada. Pero este hecho supondría lisa y llanamente retroceder al siglo XIX y, en suma, paralizar la vida social en sus actuales circunstancias; no creemos que nuestra sociedad deba ni quiera pagar semejante precio.

¿Qué podemos hacer? En principio, conocer el problema, que es ya el comienzo para tratar de encontrarle solución. Podemos asimismo insistir en que nuestros representantes consideren el impacto de cualquier nuevo sistema de información que se proponga y exigir un control público de las medidas que en este sentido se adopten. Podemos solicitar pruebas convincentes de que cualquier nueva aplicación de la informática a nuestras vidas es realmente necesaria. Y podemos, finalmente, insistir en que nuestros Parlamentos elaboren una legislación que proteja nuestro derecho a la intimidad personal frente al rostro oculto de los ordenadores.

30/Influencia de la informática en el desarrollo futuro

Desde que Howard Aiken construyó la *MARK I* [6] hasta nuestros días, no han pasado ni cuarenta años, en los cuales la informática ha llegado a ocupar un lugar trascendental, tanto en el campo científico como en el de las aplicaciones prácticas. Este desarrollo tan acelerado hace difícil prever lo que será la informática dentro de cincuenta años; sin embargo, es casi seguro que, para entonces, los ordenadores se habrán hecho todavía más pequeños, que sus posibilidades serán más grandes y que algunos de los problemas que plantean en la actualidad, como la imposibilidad de relacionarse con ellos utilizando el lenguaje natural, habrán desaparecido.

En el campo de las aplicaciones, el progresivo abaratamiento de los ordenadores permite suponer que estas máquinas saldrán aún más de los centros de cálculo y de las grandes instalaciones en que hoy se encuentran para tomar un lugar en el hogar, solucionando pequeños problemas domésticos o permitiéndonos, mediante el desarrollo de los sistemas telemáticos [22], un mayor conocimiento del mundo que nos rodea.

Este futuro, descrito ya en muchas novelas que todavía seguimos considerando de ciencia-ficción, trae consigo una pregunta básica: ¿Llegará un día en que, debido a la perfección y proliferación de estas máquinas, seamos dominados por los ordenadores? La respuesta en este caso es clara y rotunda: jamás.

La contundencia de esta respuesta viene determinada porque, para que se pudiese aceptar esta hipótesis, sería necesario admitir la existencia de máquinas inteligentes capaces de tener en alguna medida pensamientos inde-

El «mas dificil todavia» podria ser el emblema de la informatica, que, gracias al abaratamiento y miniaturizacion de sus componentes, está logrando ampliar de forma espectacular el marco de sus aplicaciones



No es dificil imaginar que, junto a los aparatos electrodomesticos que hoy pueblan nuestros hogares, el terminal conectado a un ordenador central sera un elemento mas de la casa del futuro

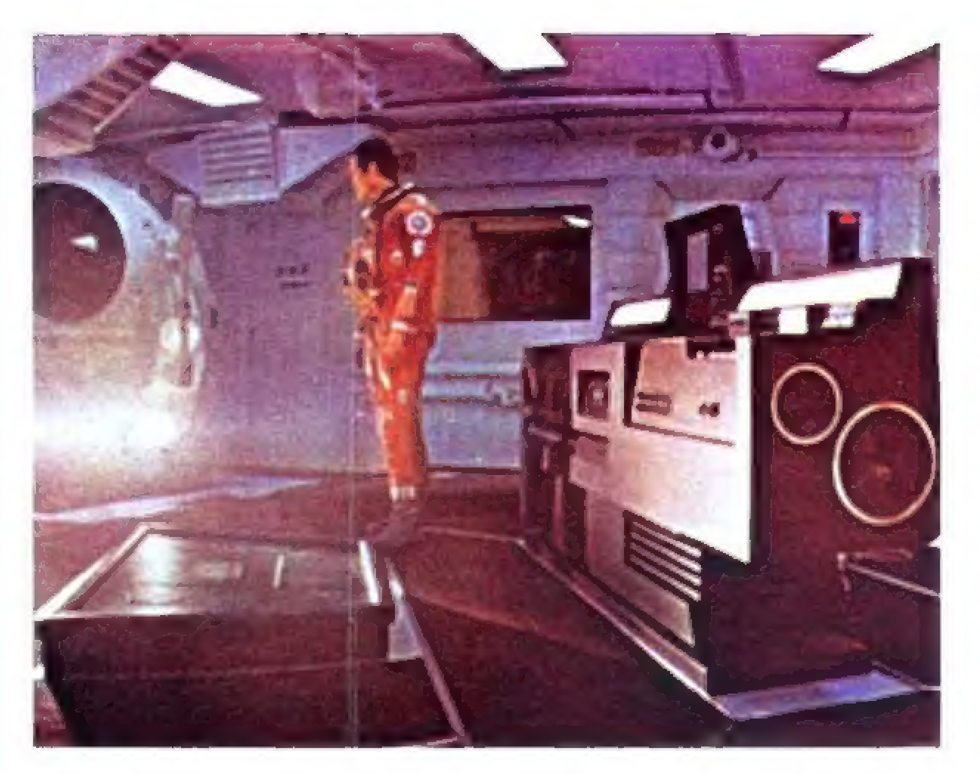


Los robots

Una de las aplicaciones de la informática que ya es una realidad en nuestros días, pero que, sin duda, se verá ampliada en el futuro, es la de los robots. Estas máquinas –que no tienen por qué ser antropomorfas– se programan de tal forma que sus piezas móviles realicen una serie de acciones en una secuencia determinada, pudiendo así llevar a cabo algunos trabajos sencillos.
Este tipo de robots se está ya empleando en la actualidad para sustituir en su trabajo a personas que, por la índole del mismo, pueden estar sometidas a cierto grado de riesgo, como manipulación de objetos explosivos o contaminantes, o simplemente en las plantas de pintura y barnizado en las que los trabajadores estaban expuestos a graves enfermedades derivadas de la inhalación o el contacto con sustancias venenosas.

En la fotografía aparece un robot de tipo industrial dotado de un sistema poliarticulado y de dos brazos, apto para ser utilizado en procesos de fabricación flexible.





La ciencia-ficción ha jugado ya en múltiples ocasiones a presentar un futuro en el que el ordenador llegaría a dominar al hombre. Sin embargo, esta suposición carece de fundamento científico. En la imagen, un fotograma de la película 2001, una odisea del espacio.

pendientes, y, aun sobrevalorando al máximo nuestras posibilidades, parece altamente improbable que un día seamos capaces de enseñar a una máquina a pensar.

La idea de la posible capacidad de pensamiento de un ordenador ha venido, sin duda, de algunas de las aplicaciones de los mismos que, como el juego de ajedrez, suponen para el hombre un grado elevado de capacidad intelectual. Sin embargo, cuando el ordenador juega al ajedrez no piensa, sino que, dada su tremenda velocidad de procesamiento y la capacidad de su memoria, es capaz, en un plazo de tiempo muy corto, de comparar el movimiento realizado por su oponente con los cientos de estrategias que previamente se han introducido en su memoria, eligiendo aquella que, por similitud, le lleve más facilmente a la victoria. Sin embargo, aun introduciendo en la memoria del ordenador cientos de manuales de ajedrez y miles de partidas ya realizadas, un gran maestro de este juego podrá siempre derrotar a la máquina, ya que posee un grado de imaginación que ésta no tiene.

Los ordenadores ocuparán, pues, en el futuro no muy lejano una posición todavía más preponderante de la que ocupan en la actualidad, y las empresas, los gobiernos e incluso los simples ciudadanos dependeremos cada vez en mayor medida de los mismos; sin embargo, el hombre seguirá siendo el responsable de su uso y en sus manos estará conseguir, con su ayuda, una sociedad que sea cada vez más justa, más libre y más próspera.

Bibliografía

ARBIB, Michael: *Ordenadores y sociedad cibernética*. Madrid, Editorial AC, 1978. Se trata de un libro ejemplar en cuanto introducción al mundo de los ordenadores, del que el autor da una visión global con un estilo fácil y ameno. Contiene un amplio resumen de lecturas recomendadas, así como una serie de ejercicios que permiten completar la información del lector.

MEINADIER, Jean-Pierre: *Estructura y funcionamiento de los computadores digitales*. Madrid, Editorial AC, 1975. Trata fundamentalmente de los problemas de arquitectura de ordenadores desde un punto de vista técnico.

NASHELSKI, L.: *Teoría de las calculadoras numéricas automáticas*. Madrid, Editorial Alhambra, 1970. Aunque un poco antiguo, este libro constituye una introducción a la arquitectura de los ordenadores expresada de una manera clara y concisa. Consta de tres secciones: fundamentos, circuitos y unidades, a lo largo de los cuales se explican todos los aspectos, –tanto de *software* como de *hardware*– del ordenador.

VARIOS: *Perspectivas de la revolución de los computadores*. Madrid, Alianza Editorial, 1975. Recopilación de artículos que, o bien han sido hitos importantes en el mundo de la informática, o están escritos en forma de divulgación de alto nivel por los autores más importantes de este tema. El estilo del libro y la forma en que está escrito no requieren, sin embargo, por parte del lector una formación específica, ya que en muchas ocasiones se trata de ideas y reflexiones de las personalidades que escriben los artículos.

ZAKS, Rodnay: *Microprocesadores: del chip al sistema*. Barcelona, Editorial Marcombo, 1980. Se trata de una obra completa y progresiva sobre el apasionante tema de los microordenadores que puede ser leída por personas que posean únicamente un conocimiento parcial de dicho tema y que deseen entender en poco tiempo todo lo referente a conceptos, técnicas y componentes de estos sistemas.

Procedencia de las fotografías

• *Black Star/Radial Press*, Madrid: 51a. • *Centro de Cálculo de la U.C.*, Madrid: 5b. • *Centro Delgado Espinosa*, Madrid: 53. • *CNRI*, París: 50a. • *C.T.N.E.*, Madrid: 45a-b. • *E. Dulevant/Salmer*, Barcelona: 63b. • *EFE*, Madrid: 40b. • *Embajada del Reino Unido*, Madrid: 50b. • *Firo-Foto*, Barcelona: 5a, 21a, 31a. • *J. Gaumy/Zardoya*, Barcelona: 51b. • *G.P.*, Madrid: 6a, 57b, 61. • *A. Grace/Sigma/Contifoto*, Madrid: 60b. • *E. Hartmann/Zardoya Press*, Barcelona: 20b. • *Hewlett-Packard*, Madrid: 23b, 48a. • *IBM*, Madrid: 14, 57a. • *Kodansha*, Tokio: 39a-b-c-d. • *T. Korody/Sygma/Contifoto*, Madrid: 62b. • *J.P. Lafforet/Sygma/Contifoto*, Madrid: 32a. • *R. Lee/The Image Bank España*, Madrid: 26b. • *H. Lloyd/The Image Bank España*, Madrid: 43a. • *Ministerio de Hacienda*, Madrid: 4b. • *J. Montoro*, Madrid: 4a, 7b, 18b, 27a-b, 29a. • *J. Montoro/Arch. Salvat*, Madrid: 19, 25a, 26a, 33, 41b, 46a. • *NCR*, Madrid: 58a. • *Nixdorf Computer España*, Madrid: 32b, 35b, 44a. • *A. Nogues/Sygma/Contifoto*, Madrid: 58b. • *J. Novak/Salmer*, Barcelona: 18c, 56a. • *Novosti*, Madrid: 10. • *Oronoz*, Madrid: 43b, 54a. • *Photo Researchers*, N. York: 56b. • *Photri/Salmer*, Barcelona: 44b. • *G. Rancinan/Sigma/Contifoto*, Madrid: 11. • *Salmer*, Barcelona: 24a, 40a, 54b. • *Archivo Salvat*, Barcelona-Madrid: 8a, 9b, 12, 13a, 16b, 21b, 24b, 25b, 35a, 34, 46b, 55b, 63. • *Sigma/Contifoto*, Madrid: 36. • *UNIVAC*, Madrid: 15, 16a, 22, 38a-b, 39e, 62a. • *A. Uptis/The Image Bank España*, Madrid: 55a. • *A. Vendrell*, Barcelona: 60a. • *Zardoya*, Barcelona: 52.

Dibujos

• *Salvat Editores, S.A.*: 6b, 7a, 7c, 8b, 9a, 17, 18a, 20a, 28a-b, 29b, 30a-b, 31b, 37a-b-c, 41a, 42a-b, 47, 52b.

Aula Abierta Salvat agradece muy especialmente a Burroughs, S.A., Centro Delgado Espinosa, Digital Equipement Corporation S.A., Hewlett-Packard Española S.A., IBM S.A.E., NCR España S.A., Nixdorf y Sperry S.A. (División Sperry UNIVAC), la gentil cesión de material gráfico para este libro, así como al Centro de Cálculo de la Universidad Complutense de Madrid, al Departamento de Informática y Automática de la misma Universidad y al Instituto de Automática Industrial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, las facilidades prestadas para la consecución de dicho material.

TITULOS APARECIDOS

1. **El fenómeno droga**
Francesc Freixa i Santfeliu
2. **El mundo de la publicidad**
Miguel A. Furones

COLECCION SALVAT TC TEMAS CLAVE

PORTADA



La Revolución Informática

Sebastián Dormido

Con apenas 35 años de existencia, los ordenadores se han convertido en un poderoso auxiliar de numerosas tareas del hombre, hasta el punto de que muchas de las actividades que se llevan a cabo en centros de enseñanza, servicios médicos, departamentos económicos, etc., serían imposibles sin su ayuda. Para el hombre de hoy son verdaderas *prótesis intelectuales* que nos liberan de fatigosas operaciones repetitivas. A través de ellos se está fraguando una revolución que no ha hecho más que comenzar.

OTROS TEMAS CLAVE



Revoluciones del Mundo Moderno

Alfonso Lazo

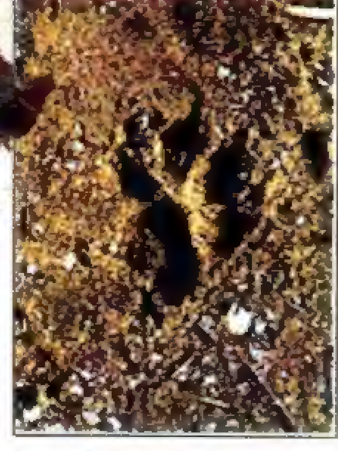
La historia del hombre es como un río que fluye por un extenso cauce. Y así como la lluvia o el deshielo aumentan el caudal, ensanchan las orillas y remueven los fondos, las sucesivas revoluciones ocurridas en muchos países desde finales del siglo XVII, han servido para traer a la superficie la presencia de grupos sociales que parecían destinados a permanecer en las profundidades de la historia.



Maestros del Arte

José M. Cruz Valdovinos

El Arte es juego, goce estético, comunicación: un auténtico alimento para el espíritu. Pero no debe ser ni lujo ni privilegio. La calidad de la vida viene también determinada por la posibilidad de acceder a la cultura. La libertad solo se consigue a través del conocimiento que pone en nuestras manos los utensilios necesarios para llevar a cabo opciones responsables. Saber la historia de las artes nos ayuda a ser libres.



La vida: origen y evolución

Benjamín Fernández Ruiz

Reconstruir la historia del amanecer y de la evolución de la vida sobre la Tierra, ha sido un empeño constante del hombre. La historia de la vida es nuestra historia.

Colección SALVAT TC TEMAS CLAVE



AULA ABIERTA SALVAT